МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Качество электрической энергии
Совместимость технических средств электромагнитная
НОРМЫ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Издание официальное

Межгосударственный Совет
по стандартизации, метрологии и сертификации

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Техническим комитетом по стандартизации в области электромагнитной совместимости технических средств (ТК ЭМС) Госстандарта России

ВНЕСЕН Государственным комитетом Росийской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации

2 ПРИНЯТ Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации ____

За принятие стандарта проголосовали

Наименование государства	Наименование национального органа стандартизации

3 ВЗАМЕН ГОСТ 13109-87

4 Стандарт соответствует международным стандартам МЭК 861, МЭК 1000-3-2, МЭК 1000-3-3, МЭК 1000-4-1 и публикациям МЭК 1000-2-1, МЭК 1000-2-2 в части уровней электромагнитной совместимости в системах электроснабжения и методов измерения электромагнитных помех.

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Качество электрической энергии
Совместимость технических средств электромагнитная
Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

Power quality.
Electromagnetic compatibility of technical equipment.
Power quality limits in public electrical systems

Дата введения 1997 - 01 - 01

1 Область применения

Стандарт устанавливает показатели и нормы качества электрической энергии (КЭ) в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети, находящиеся в собственности различных потребителей электрической энергии, или приемники электрической энергии (точки общего присоединения).

Нормы КЭ, устанавливаемые настоящим стандартом, являются уровнями электромагнитной совместимости для кондуктивных электромагнитных помех в системах электроснабжения общего назначения. При соблюдении указанных норм обеспечивается электромагнитная совместимость электрических сетей систем электроснабжения общего назначения и электрических сетей потребителей электрической энергии (приемников электрической энергии).

Нормы, установленные настоящим стандартом, являются обязательными во всех режимах работы систем электроснабжения общего назначения, кроме режимов, обусловленных:
- исключительными погодными условиями и стихийными бедствиями (ураган, наводнение, землетрясение и т.п.);
- непредвиденными ситуациями, вызванными действиями стороны, не являющейся энергоснабжающей организацией и потребителем электроэнергии (пожар, взрыв, военные действия и т.п.);
- условиями, регламентированными государственными органами управления,

а также на время ликвидации последствий, вызванных исключительными погодными условиями и непредвиденными обстоятельствами.

Нормы, установленные настоящим стандартом подлежат включению в технические условия на присоединение потребителей электрической энергии и в договоры на пользование электрической энергией между электроснабжающими организациями и потребителями электрической энергии.

При этом для обеспечения норм стандарта в точках общего присоединения допускается устанавливать в технических условиях на присоединение потребителей, являющихся виновниками ухудшения КЭ, и в договорах на пользование электрической энергией с такими потребителями более жесткие нормы (с меньшими диапазонами изменения соответствующих показателей КЭ), чем установленные в настоящем стандарте.

По согласованию между энергоснабжающей организацией и потребителями допускается устанавливать в указанных технических условиях и договорах требования к показателям КЭ, для которых в настоящем стандарте нормы не установлены.

Нормы, установленные настоящим стандартом, применяют при проектировании и эксплуатации электрических сетей, а также при установлении уровней

помехоустойчивости приемников электрической энергии и уровней кондуктивных электромагнитных помех, вносимых этими приемниками.

Нормы КЭ в электрических сетях, находящихся в собственности потребителей электрической энергии, регламентируемые отраслевыми стандартами и иными нормативными документами, не должны быть ниже норм КЭ, установленных настоящим стандартом в точках общего присоединения. При отсутствии указанных отраслевых стандартов и иных нормативных документов нормы настоящего стандарта являются обязательными для электрических сетей потребителей электрической энергии.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 721-77 Системы энергоснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения свыше 1000 В

ГОСТ 21128-83 Системы энергоснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения до 1000 В

ГОСТ 19431-84 Энергетика и электрификация. Термины и определения

ГОСТ 30372-95 Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения

3 Определения, обозначения, сокращения

3.1 В настоящем стандарте применяют термины и определения, приведенные в ГОСТ 19431, ГОСТ 30372, а также следующие:

система электроснабжения общего назначения - совокупность электроустановок и электрических устройств энергоснабжающей организации, предназначенных для обеспечения электрической энергией различных потребителей (приемников электрической энергии);

электрическая сеть общего назначения - электрическая сеть энергоснабжающей организации, предназначенная для передачи электрической энергии различным потребителям (приемникам электрической энергии);

центр питания - распределительное устройство генераторного напряжения электростанции или распределительное устройство вторичного напряжения понизительной подстанции энергосистемы, к которым присоединены распределительные сети данного района.

точка общего присоединения - точка электрической сети общего назначения, электрически ближайшая к сетям рассматриваемого потребителя электрической энергии (входным устройствам рассматриваемого приёмника электрической энергии), к которым присоединены или могут быть присоединены электрические сети других потребителей (входные устройства других приёмников).

потребитель электрической энергии - юридическое или физическое лицо, осуществляющее пользование электрической энергией (мощностью);

кондуктивная электромагнитная помеха в системе энергоснабжения - электромагнитная помеха, распространяющаяся по элементам электрической сети;

уровень электромагнитной совместимости в системе энергоснабжения - регламентированный уровень электромагнитной кондуктивной помехи, используемый в качестве эталонного для координации между допустимым уровнем помех, вносимым энергоснабжающей организацией и потребителями (приемниками) электрической энергии, и уровнем помех, воспринимаемым техническими средствами без нарушения их функционирования;

огибающая среднеквадратичных значений напряжения - ступенчатая временная функция, образованная среднеквадратичными значениями напряжения, дискретно определенными на каждом полупериоде напряжения основной частоты;

фликер - субъективное восприятие человеком колебаний светового потока искусственных источников освещения, вызванных колебаниями напряжения в электрической сети, питающей эти источники;

доза фликера - мера восприимчивости человека к воздействию фликера за установленный промежуток времени;

время восприятия фликера - минимальное время для субъективного восприятия человеком фликера, вызванного колебаниями напряжения определенной формы;

частота повторения изменений напряжения - число одиночных изменений напряжения в единицу времени;

длительность изменения напряжения - интервал времени от начала одиночного изменения напряжения до его конечного значения;

длительность провала напряжения - интервал времени между начальным моментом провала напряжения и моментом восстановления напряжения до первоначального или близкого к нему уровня;

частость появления провалов напряжения - количество провалов напряжения определенной глубины и длительности за определенный промежуток времени, к общему числу провалов за этот же промежуток времени;

импульс напряжения - резкое изменение напряжения в точке электрической сети, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня за промежуток времени до нескольких миллисекунд;

амплитуда импульса - максимальное мгновенное значение импульса напряжения;

длительность импульса - интервал времени между начальным моментом импульса напряжения и моментом восстановления мгновенного значения напряжения до первоначального или близкого к нему уровня;

временное перенапряжение - повышение напряжения в точке электрической сети выше $1{,}1U_{ном}$ продолжительностью более 10 мс, возникающее в системах электроснабжения при коммутациях или коротких замыканиях;

коэффициент временного перенапряжения - величина, равная отношению максимального значения огибающей амплитудных значений напряжения за время существования временного перенапряжения к амплитуде номинального напряжения сети;

длительность временного перенапряжения - интервал времени между начальным моментом возникновения временного перенапряжения и моментом его исчезновения;

3.2 В настоящем стандарте применяют следующие обозначения:

δU_y - установившееся отклонение напряжения;

δU_t - размах изменения напряжения;

P_t - доза фликера;

P_{st} - кратковременная доза фликера;

P_{lt} - длительная доза фликера;

K_U - коэффициент искажения синусоидальности кривой междуфазного (фазного) напряжения;

$K_{U(n)}$ - коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения;

K_{2U} - коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности;

K_{0U} - коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности;

Δf - отклонение частоты;

$\Delta t_п$ - длительность провала напряжения;

$U_{имп}$ - импульсное напряжение;

$K_{пер.U}$ - коэффициент временного перенапряжения;

$U_{(1)i}$ - действующее значение междуфазного (фазного) напряжения основной частоты в i-ом наблюдении;

$U_{AB(1)i}$, $U_{BC(1)i}$, $U_{CA(1)i}$ - действующие значения междуфазных напряжений основной частоты в i-ом наблюдении;

$U_{1(1)i}$ - действующее значение междуфазного (фазного) напряжения прямой последовательности основной частоты в i-ом наблюдении;

U_{y} - усредненное значение напряжения;

N - число наблюдений;

$U_{ном}$ - номинальное междуфазное (фазное) напряжение;

$U_{ном\ ф}$ - номинальное фазное напряжение;

$U_{ном\ мф}$ - номинальное междуфазное напряжение;

$U_{скв}$ - среднеквадратичное значение напряжения, определяемое на полупериоде напряжения основной частоты;

U_{i}, U_{i+1} - значения следующих один за другим экстремумов или экстремума и горизонтального участка огибающей среднеквадратичных значений напряжения основной частоты;

$U_{a\ i}$, $U_{a\ i+1}$ - значения следующих один за другим экстремумов или экстремума и горизонтального участка огибающей амплитудных значений напряжения на каждом полупериоде основной частоты,

T - интервал времени измерения;

m - число изменений напряжения за время T;

$F_{\delta Ut}$ - частота повторения изменений напряжения;

t_{i}, t_{i+1} - начальные моменты следующих один за другим изменений напряжения;

$\Delta t_{i,i+1}$ - интервал между смежными изменениями напряжения;

P_{s} - сглаженный уровень фликера;

P_{1s}, P_{3s}, P_{10s}, P_{50s} - сглаженные уровни фликера при интегральной вероятности, равной 1,0; 3,0; 10,0; 50,0% соответственно;

T_{sh} - интервал времени измерения кратковременной дозы фликера;

T_{l} - интервал времени измерения длительной дозы фликера;

P_{stk} - кратковременная доза фликера на k-ом интервале времени T_{sh} в течение длительного периода наблюдения T_{l};

$U_{(n)i}$ - действующее значение n-ой гармонической составляющей междуфазного(фазного) напряжения в i-ом наблюдении;

K_{Ui} - коэффициент искажения синусоидальности кривой междуфазного (фазного) напряжения в i-ом наблюдении;

$K_{U(n)i}$ - коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения в i-ом наблюдении;

T_{vs} - интервал времени усреднения наблюдений при измерении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения;

$U_{2(1)i}$ - действующее значение напряжения обратной последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений в i-ом наблюдении;

K_{2Ui} - коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности в i-ом наблюдении;

$U_{нб(1)i}$, $U_{нм(1)i}$ - наибольшее и наименьшее действующие значения из трех междуфазных напряжений основной частоты в i-ом наблюдении;

$U_{0(1)i}$ - действующее значение напряжения нулевой последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений в i-ом наблюдении;

K_{0Ui} - коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности в i-ом наблюдении;

$U_{нб\ ф(1)i}$, $U_{нм\ ф(1)i}$ - наибольшее и наименьшее из трех действующих значений фазных напряжений основной частоты в i-ом наблюдении;

$f_{ном}$ - номинальное значение частоты;

$t_н$ - начальный момент времени резкого спада огибающей среднеквадратичных значений напряжения;

$t_к$ - конечный момент времени восстановления среднеквадратичного значения напряжения;

$m(\delta U_п, \Delta t_п)$ - число провалов напряжения глубиной $\delta U_п$ и длительностью $\Delta t_п$ за рассматриваемый период времени наблюдения Т;

$t_{н0,5}, t_{к0,5}$ - моменты времени, соответствующие пересечению кривой импульса напряжения горизонтальной линией, проведенной на половине аплитуды импульса;

$U_а$ - амплитудное значение напряжения;

$U_{а\ макс}$ - максимальное амплитудное значение напряжения;

3.3 В настоящем стандарте применяют следующие сокращения:

КЭ - качество электрической энергии;

ЦП - центр питания;

РП - распределительная подстанция;

ТП - трансформаторная подстанция;

АПВ - автоматическое повторное включение;

АВР - автоматическое включение резерва;

ВЛ - воздушная линия;

КЛ - кабельная линия;

Тр - трансформатор.

4 Показатели КЭ

4.1 Установлены следующие показатели КЭ, приведенные в 4.1.1- 4.1.11:

4.1.1 Установившееся отклонение напряжения $\delta U_у$.

4.1.2 Размах изменения напряжения δU_t.

4.1.3 Доза фликера P_t.

4.1.4 Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U .

4.1.5 Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$.

4.1.6 Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U}.

4.1.7 Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U}.

4.1.8 Отклонение частоты Δf.

4.1.9 Длительность провала напряжения $\Delta t_п$.

4.1.10 Импульсное напряжение $U_{имп}$.

4.1.11 Коэффициент временного перенапряжения $K_{перU}$.

Свойства электрической энергии, графические пояснения этих свойств, показатели КЭ, а также наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ приведены в приложении А.

4.2 При определении значений некоторых показателей КЭ используют следующие вспомогательные параметры электрической энергии:

частота повторения изменений напряжения $F_{\delta Ut}$;

интервал между изменениями напряжения $\Delta t_{i,i+1}$;

глубина провала напряжения $\delta U_п$;

частость появления провалов напряжения $F_п$;
длительность импульса по уровню 0,5 его амплитуды $\Delta t_{имп\ 0,5}$;
длительность временного перенапряжения $\Delta t_{перU}$;

4.3 Способы расчета и методики определения показателей КЭ и вспомогательных параметров приведены в приложении Б.

5 Нормы КЭ

5.1 Установлены два вида норм КЭ: нормально допускаемые и предельно допускаемые.

Оценка соответствия показателей КЭ указанным нормам проводится в течение расчетного периода, равного 24 часам, в соответствии с требованиями раздела 6.

5.2 Отклонение напряжения

Отклонение напряжения характеризуется показателем установившееся отклонение напряжения, для которого установлены следующие нормы, указанные в 5.2.1.

5.2.1 Нормально допускаемые и предельно допускаемые значения установившегося отклонения напряжения $\delta U_у$ на выводах приемников электрической энергии равны соответственно $\pm 5\%$ и $\pm 10\%$ от номинального напряжения электрической сети по ГОСТ 721 и ГОСТ 21128 (номинальное напряжение).

Нормально допускаемые и предельно допускаемые значения установившегося отклонения напряжения в точках общего присоединения потребителей электрической энергии к электрическим сетям напряжением 0,38 кВ и более должны быть установлены в договорах на пользование электрической энергией между энергоснабжающей организацией и потребителем с учетом необходимости выполнения норм настоящего стандарта на выводах приемников электрической энергии.

Определение указанных нормально допускаемых и предельно допускаемых значений проводят в соответствии с нормативными документами, утвержденными в установленном порядке.

5.3 Колебания напряжения

Колебания напряжения характеризуются показателями:
- размах изменения напряжения,
- доза фликера,

для которых установлены нормы, указанные в 5.3.1. - 5.3.3.

5.3.1 Предельно допускаемые значения размаха изменений напряжения δU_t в точках общего присоединения к электрическим сетям при колебаниях напряжения, огибающая которых имеет форму меандра (рисунок Б.1), в зависимости от частоты повторения изменений напряжения $F_{\delta Ut}$ или интервала между изменениями напряжения $\Delta t_{i,i+1}$ равны значениям, определяемым по кривой 1 рисунка 1, а для потребителей электрической энергии, располагающих лампами накаливания в помещениях, где требуется значительное зрительное напряжение - равны значениям, определяемым по кривой 2 рисунка 1. Перечень помещений с разрядами работ, требующих значительного зрительного напряжения, устанавливают в нормативных документах, утверждаемых в установленном порядке.

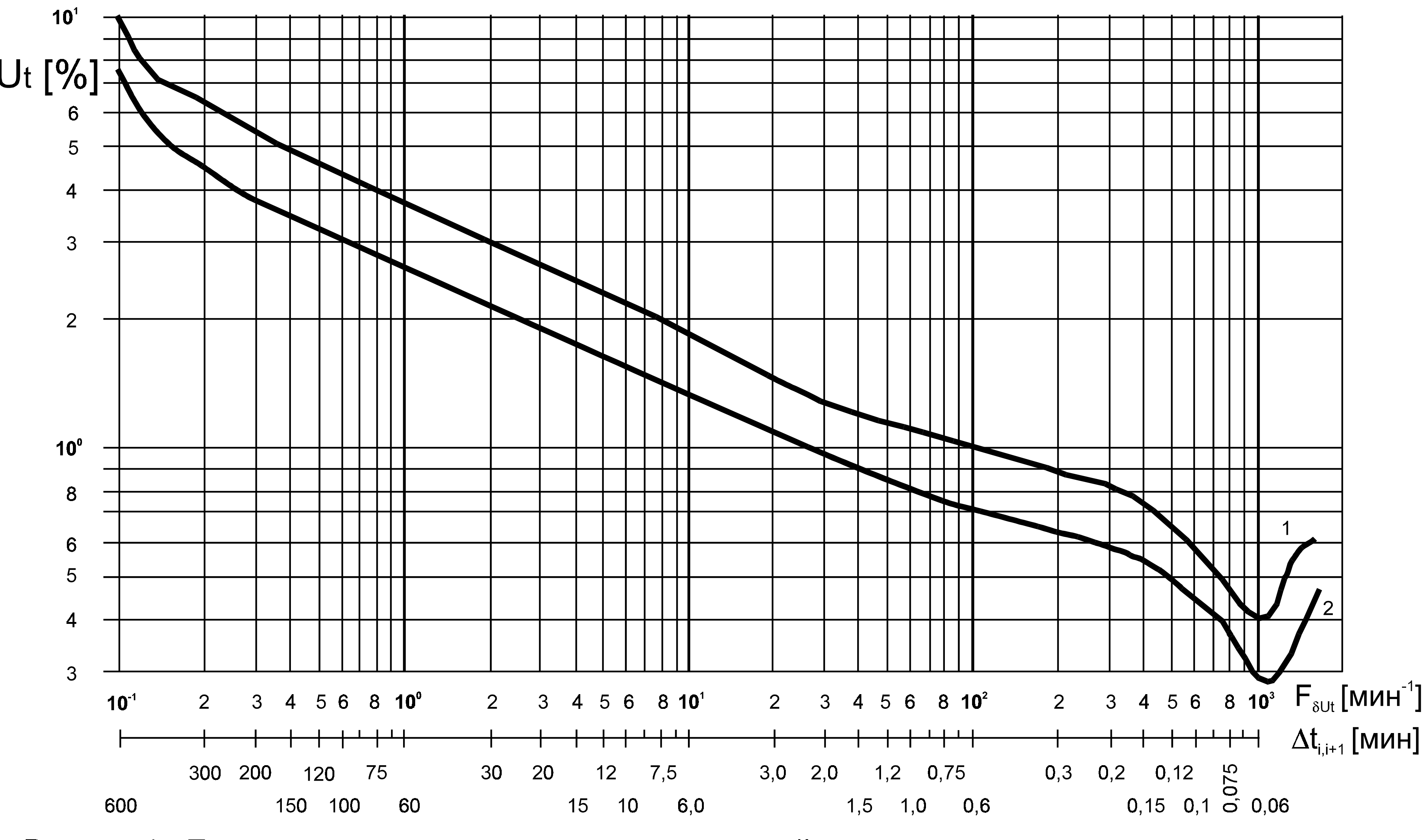


Рисунок 1 - Предельно допускаемые размахи изменений напряжения в зависимости от частоты повторения изменений напряжения за минуту для колебаний напряжения, имеющих форму меандра

Методы оценки соответствия размахов изменений напряжения нормам,

установленным в 5.3.1, при колебаниях напряжения с формой, отличающейся от меандра, приведены в приложении В.

5.3.2 Предельно допускаемое значение суммы установившегося отклонения напряжения δU_y и размаха изменений напряжения δU_t в точках присоединения к электрическим сетям напряжением 0,38 кВ равно ± 10 % от номинального напряжения.

5.3.3 Предельно допускаемое значение для кратковременной дозы фликера P_{st} при колебаниях напряжения с формой, отличающейся от меандра, равно 1,38 , а для длительной дозы фликера P_{lt} при тех же колебаниях напряжения равно 1,0.

Кратковременную дозу фликера определяют на интервале времени наблюдения, равном 10 мин. Длительную дозу фликера определяют на интервале времени наблюдения, равном 2 ч.

5.3.4 Предельно допускаемое значение для кратковременной дозы фликера P_{st} в точках общего присоединения потребителей электрической энергии, располагающих лампами накаливания в помещениях, где требуется значительное зрительное напряжение, при колебаниях напряжения с формой, отличающейся от меандра, равно 1,0 , а для длительной дозы фликера P_{lt} в этих же точках равно 0,74.

5.3.5 Метод расчета кратковременных и длительных доз фликера для колебаний напряжения с формой, отличающейся от меандра, приведен в приложении В.

5.4 Несинусоидальность напряжения

Несинусоидальность напряжения характеризуется показателями:

- коэффициент искажения синусоидальности напряжения,
- коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения,

для которых установлены нормы, указанные в 5.4.1, 5.4.2.

5.4.1 Нормально допускаемые и предельно допускаемые значения коэффициента искажения синусоидальности напряжения в точках общего присоединения к электрическим сетям с различными номинальными напряжениями приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения, %							
нормально допускаемые				предельно допускаемые			
$U_{ном}$, кВ				$U_{ном}$, кВ			
0,38	6-20	35	110 - 330	0,38	6-20	35	110 - 330
8,0	5,0	4,0	2,0	12,0	8,0	6,0	3,0

5.4.2 Нормально допускаемые значения коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения в точках общего присоединения к электрическим сетям с номинальным напряжением $U_{ном}$ приведены в таблице 2.

Таблица 2

Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения, %														
Нечетные гармоники, не кратные 3					Нечетные гармоники, кратные 3 *)					Четные гармоники				
$U_{ном}$, кВ					$U_{ном}$, кВ					$U_{ном}$, кВ				
n	0.38	6-20	35	110-330	n	0.38	6-20	35	110-330	n	0.38	6-20	35	110-330
5	6,0	4,0	3,0	1,5	3	5,0	3,0	3,0	1,5	2	2,0	1,5	1,0	0,5
7	5,0	3,0	2,5	1,0	9	1,5	1,0	1,0	0,4	4	1,0	0,7	0,5	0,3
11	3,5	2,0	2,0	1,0	15	0,3	0,3	0,3	0,2	6	0,5	0,3	0,3	0,2
13	3,0	2,0	1,5	0,7	21	0,2	0,2	0,2	0,2	8	0,5	0,3	0,3	0,2
17	2,0	1,5	1,0	0,5	>21	0,2	0,2	0,2	0,2	10	0,5	0,3	0,3	0,2
19	1,5	1,0	1,0	0,4						12	0,2	0,2	0,2	0,2
23	1,5	1,0	1,0	0,4						>12	0,2	0,2	0,2	0,2
25	1,5	1,0	1,0	0,4										
>25	0,2+1,3×25/n	0,2+0,8×25/n	0,2+0,6×25/n	0,2+0,2×25/n										

*) Нормально допускаемые значения, приведенные для n, равных 3 и 9, относятся к однофазным электрическим сетям. В трехфазных трехпроводных электрических сетях эти значения принимают вдвое меньшими приведенных в таблице.

Предельно допускаемое значение коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения определяют по формуле:

$$K_{U(n)пред} = 1,5\ K_{U(n)норм}, \qquad (1)$$

где $K_{U(n)норм}$ - нормально допускаемые значения коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения, определяемые по таблице 2.

5.5 Несимметрия напряжений

Несимметрия напряжений характеризуется показателями:

- коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности,
- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности, для которых установлены нормы, приведенные в 5.5.1, 5.5.2.

5.5.1 Нормально допускаемые и предельно допускаемые значения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности в точках общего присоединения к электрическим сетям равны соответственно 2,0 и 4,0 %.

5.5.2 Нормально допускаемые и предельно допускаемые значения коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности в точках общего присоединения к четырехпроводным электрическим сетям с номинальным напряжением 0,38 кВ равны соответственно 2,0 и 4,0 %.

5.6 Отклонение частоты

Отклонение частоты напряжения переменного тока в электрических сетях характеризуется показателем отклонение частоты, для которого установлены нормы, указанные в 5.6.1.

5.6.1 Нормально допускаемые и предельно допускаемые значения отклонения частоты равны соответственно $\pm 0,2$ и $\pm 0,4$ Гц.

5.7 Провал напряжения

Провал напряжения характеризуется показателем длительность провала напряжения, для которого установлена норма, указанная в 5.7.1.

5.7.1 Предельно допускаемое значение длительности провала напряжения в электрических сетях напряжением до 20 кВ включительно равно 30 с. Длительность автоматически устраняемого провала напряжения в любой точке присоединения к электрическим сетям определяется выдержками времени релейной защиты и автоматики.

Статистические данные, характеризующие провалы напряжения в электрических сетях России напряжением 6-10 кВ и аналогичные данные по электрическим сетям стран Европейского Союза, приведены в приложении Г.

5.8 Импульс напряжения

Импульс напряжения характеризуется показателем импульсное напряжение.

Настоящий стандарт временно не устанавливает нормы на импульсные напряжения.

Значения импульсных напряжений для грозовых и коммутационных импульсов, возникающих в электрических сетях энергоснабжающей организации, приведены в приложении Д.

5.9 Временное перенапряжение

Временное перенапряжение характеризуется показателем коэффициент временного перенапряжения.

Настоящий стандарт временно не устанавливает нормы на коэффициент временного перенапряжения .

Значения коэффициентов временных перенапряжений, возникающих в электрических сетях энергоснабжающей организации, приведены в приложении Д.

6 Оценка соответствия показателей КЭ установленным нормам в условиях эксплуатации

6.1 Для определения соответствия значений измеряемых показателей КЭ нормам настоящего стандарта, за исключением показателей КЭ, указанных в 4.1.9 - 4.1.11, устанавливается минимальный интервал времени измерений, равный 24 ч, соответствующий расчетному периоду по 5.1.

6.2 Наибольшие значения показателей КЭ:

- размах изменения напряжения,
- доза фликера,

определяемые в течение минимального интервала времени измерений по 6.1, не должны превышать предельно допускаемых значений, установленных в 5.3.

Наибольшие значения показателей КЭ:

- коэффициент искажения синусоидальности напряжения,
- коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения,
- коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности,
- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности,

определяемые в течение минимального интервала времени измерений по 6.1, должны не превышать предельно допускаемых значений, установленных в 5.4 - 5.5 соответственно, а значения тех же показателей КЭ, определяемые с вероятностью 95%

за тот же период измерений, должны не превышать нормально допускаемых значений, установленных в 5.4 - 5.5 соответственно.

Наибольшие и наименьшие значения установившегося отклонения напряжения и отклонения частоты, определяемые с учетом знака в течение расчетного периода времени по 6.1, должны находиться в интервале, ограниченном предельно допускаемыми значениями, установленными в 5.2 и 5.6, а верхнее и нижнее значения этих показателей КЭ, являющиеся границами интервала, в котором с вероятностью 95% находятся измеренные значения показателей КЭ, должны находиться в интервале, ограниченном нормально допускаемыми значениями, установленными в 5.2 и 5.6.

6.3 Общая продолжительность измерений показателей КЭ, за иключением указанных в 5.7- 5.9, должна быть выбрана с учетом обязательного включения характерных для измеряемых показателей КЭ рабочих и выходных дней. Рекомендуемая общая продолжительность измерений составляет 7 суток. Сопоставление показателей КЭ с нормами настоящего стандарта необходимо производить за каждые сутки общей продолжительности измерений отдельно. Способы сопоставления измеряемых показателей КЭ с нормами настоящего стандарта приведены в приложении Б.

6.4 Оценку соответствия значений показателей КЭ, за исключением указанных в 4.1.9 - 4.1.11, нормам настоящего стандарта следует проводить с периодичностью, установленной в приложении Е.

Кроме того, указанную оценку следует проводить по требованию энергоснабжающей организации или потребителя, а также до и после подключения нового потребителя по требованию одной из указанных сторон.

6.5 Оценку соответствия длительностей провалов напряжения в точках общего присоединения потребителей к сети энергоснабжающей организации норме настоящего стандарта следует проводить путем наблюдений и регистрации провалов напряжения в течение длительного периода времени.

Допускается такую оценку проводить путем расчета по суммарной длительности уставок устройств релейной защиты, автоматики, и коммутационных аппаратов, установленных в соответствующих электрических сетях энергоснабжающей организации.

6.6 Получение данных об импульсах и кратковременных перенапряжениях следует проводить путем длительного наблюдения и регистрации.

7 Требования к погрешности измерений показателей КЭ

7.1 Значения погрешности измерений показателей КЭ должны находиться в интервале, ограниченном предельно допускаемыми значениями, указанными в таблице 3.

Таблица 3

Показатель КЭ, обозначение, единица измерения	Нормы КЭ, (п.п. стандарта)		Пределы допускаемых погрешностей измерений показателя КЭ	
	нормально допускаемые	предельно допускаемые	абсолютной	относитель-ной, %
1.Установившее-ся отклонение напряжения, δU_y, %	± 5 (5.2.1)	± 10 (5.2.1)	± 0.5%	–
2.Размах изменения напря-жения, δU_t, %	–	кривые 1, 2 рисунка 1. (5.3.1, 5.3.2)	–	± 8
3. Доза фликера - кратковременная, P_{st}, отн.ед. - длительная, P_{lt}, отн.ед.	– –	1,38; 1,0 1,0; 0,74 (5.3.5, 5.3.6)	– –	± 5 ± 5
4. Коэффициент искажения синусоидальности напряжения, K_U, %	таблица 1 (5.4.1.)	таблица 1 (5.4.1.)	–	± 10
5. Коэффициент n-ой гармоничес-кой составляющей напряжения, $K_{U(n)}$, %	таблица 2 (5.4.2.)	таблица 2 (5.4.2.)	± 0,05 % при $K_{U(n)} < 1.0$	± 5 при $K_{U(n)} \geq 1,0$;
6. Коэффициент несимметрии напряжений по об-ратной последова-тельности, K_{2U}, %	2 (5.5.1.)	4 (5.5.1.)	± 0.3%	–
7. Коэффициент несимметрии напряжений по ну-левой последова-тельности, K_{0U}, %	2 (5.5.2.)	4 (5.5.2.)	± 0,5%	–

Продолжение таблицы 3

Показатель КЭ, обозначение, единица измерения	Нормы КЭ, (п.п. стандарта)		Пределы допускаемых погрешностей измерений показателя КЭ	
	нормально допускаемые	предельно допускаемые	абсолютной,	относитель-ной, %
8. Отклонение частоты, Δf, Гц	± 0,2; (5.6.1.)	± 0,4; (5.6.1.)	± 0,03 Гц	–
9. Длительность провала напряже-ния, $\Delta t_п$, с	–	30 (5.7.1.)	± 10 мс	–
10. Импульсное напряжение, $U_{имп}$, кВ	–	–	–	± 10
11. Коэффициент временного перенапряжения, $K_{перU}$, отн.ед.	–	–	–	± 10

7.2 До оснащения электрических сетей трансформаторами и делителями напряжения, входящими в состав оборудования электрических сетей, обеспечивающими совместно со средствами измерений показателей КЭ установленную в пункте 7.1 погрешность измерений допускается проводить измерение показателей КЭ (за исключением показателя Δf) с погрешностью, превышающей установленную не более, чем в 1,5 раза.

8 Требования к интервалам усреднения результатов измерений показателей КЭ

8.1 Интервалы усреднения результатов измерений показателей КЭ установлены в таблице 4.

Таблица 4

Показатель КЭ, обозначение	Интервалы усреднения результатов измерений показателей КЭ, с
1. Установившееся отклонение напряжения, δU_y	60
2. Размах изменения напряжения, δU_t	–
3. Доза фликера, P_t	–
4. Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, K_U	3
5. Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения, $K_{U(n)}$	3
6. Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности, K_{2U}	3
7. Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности, K_{0U}	3
8. Отклонение частоты, Δf	20
9. Длительность провала напряжения, $\Delta t_п$	–
10. Импульсное напряжение, $U_{имп}$	–
11. Коэффициент временного перенапряжения, $K_{перU}$	–

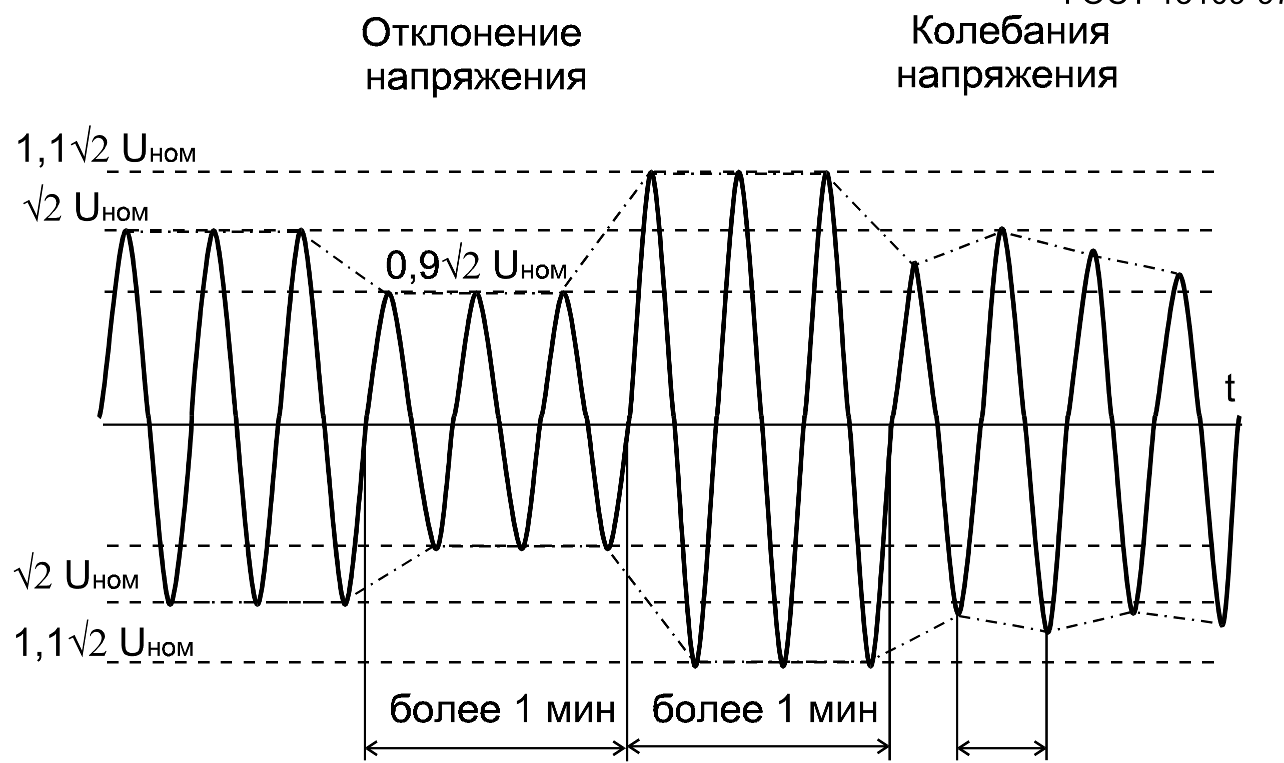
Приложение А
(Справочное)

Свойства электрической энергии,показатели и наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ

Свойства электрической энергии, показатели и наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ приведены в таблице А.1

Таблица А.1

Свойства электрической энергии	Показатели КЭ	Наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ
1.Отклонение напряжения (рисунок А.1)	Установившееся отклонение напряжения δU_y	Энергоснабжаю-щая организация
2.Колебания напряжения (рисунок А.1)	Размах изменения напряжения δU_t. Доза фликера P_t	Потребитель с переменной нагрузкой
3.Несинусои-дальность напряжения (рисунок А.2)	Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U. Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$.	Потребитель с нелинейной нагрузкой
4.Несимметрия трехфазной системы напряжений	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U}. Коэффици-ент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U}.	Потребитель с несимметричной нагрузкой
5. Отклонение частоты	Отклонение частоты Δf.	Энергоснабжаю-щая организация
6.Провал напряжения (рисунок А.1)	Длительность провала напряжения $\Delta t_п$.	Энергоснабжаю-щая организация
7.Импульс напряжения (рисунок А.3)	Импульсное напряжение $U_{имп}$.	Энергоснабжаю-щая организация
8.Временное перенапряжение (рисунок А.1)	Коэффициент временного перенапряжения $K_{пер.U}$.	Энергоснабжаю-щая организация



Перенапряжение

Провал напряжения

1,1√2 Uном

√2 Uном

0,9√2 Uном

t

до 1 мин

до 1 мин

Рисунок А.1 - Отклонение напряжения, колебания напряжения, перенапряжения,провалы напряжения

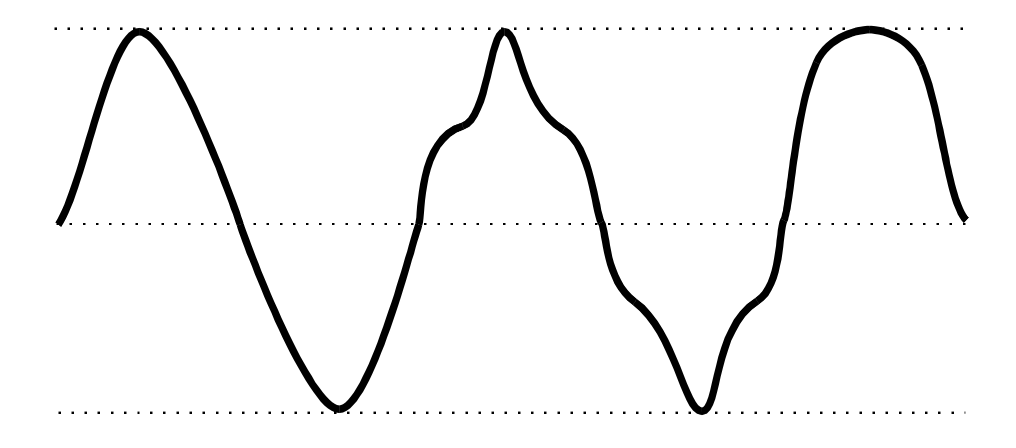


Рисунок А.2 - Несинусоидальность напряжения

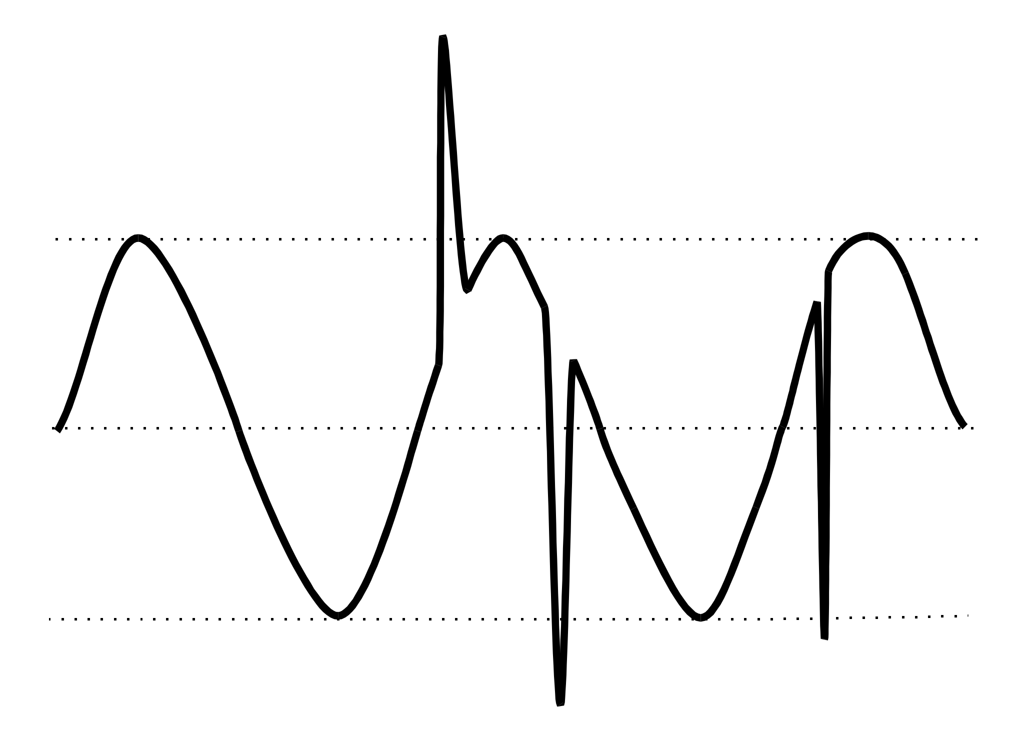


Рисунок А.3 - Импульсы напряжения

Приложение Б
(Обязательное)

Способы расчета и методики определения показателей КЭ и вспомогательных параметров

Приведенные в настоящем приложении формулы для определения показателей КЭ и вспомогательных параметров используют при измерениях в условиях эксплуатации и расчете показателей КЭ при проектировании.

Б.1 Отклонение напряжения

Измерение установившегося отклонения напряжения δU_y производят следующим образом:

Б.1.1 Для каждого i-ого наблюдения за период времени, равный 24 ч, измеряют значение напряжения, которое в электрических сетях однофазного тока определяют, как действующее значение напряжения основной частоты $U_{(1)i}$ без учета высших гармонических составляющих напряжения, а в электрических сетях трехфазного тока - как действующее значение каждого междуфазного (фазного) напряжения основной частоты $U_{(1)i}$, а также - как действующее значение напряжения прямой последовательности основной частоты $U_{1(1)i}$, вычисляемое по формуле:

$$U_{1(1)i} = \sqrt{\frac{1}{12}\left[\left(\sqrt{3}U_{AB(1)i} + \sqrt{4U_{BC(1)i}^2 - \left(\frac{U_{BC(1)i}^2 - U_{CA(1)i}^2}{U_{AB(1)i}} + U_{AB(1)i}\right)^2}\right)^2 + \left(\frac{U_{BC(1)i}^2 - U_{CA(1)i}^2}{U_{AB(1)i}}\right)^2\right]} \quad (Б.1)$$

где $U_{AB(1)i}, U_{BC(1)i}, U_{CA(1)i}$ - действующие значения междуфазных напряжений основной частоты в i-ом наблюдении, В, кВ.

При определении напряжения $U_{1(1)i}$ допускается:

1) определять в электрических сетях трехфазного тока значение напряжения прямой последовательности основной частоты по приближенной формуле:

$$U_{1(1)i} = \frac{1}{3}(U_{AB(1)i} + U_{BC(1)i} + U_{CA(1)i}) \quad (Б.2)$$

Примечание - Относительная погрешность вычисления значений $U_{1(1)i}$ с использованием формулы (Б.2) вместо формулы (Б.1) не превышает 0,1% при коэффициенте несимметрии напряжений по обратной последовательности (в соответствии с требованиями Б.4.1), не превышающем 6%;

2) измерять в электрических сетях однофазного и трехфазного тока вместо действующих значений фазных и междуфазных напряжений основной частоты действующие значения соответствующих напряжений с учетом гармонических составляющих этих напряжений при коэффициенте искажения синусоидальности напряжения (в соответствии с требованиями Б.3.3), не превышающем 5%.

Б.1.2 Вычисляют значение усредненного напряжения U_y, в В, кВ, как результат усреднения N наблюдений напряжений $U_{(1)i}$ или $U_{1(1)i}$ на интервале времени 1 мин по формуле:

$$U_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} U_i^2}{N}}, \quad (Б.3)$$

где U_i - значение напряжения $U_{(1)i}$ или $U_{1(1)i}$, В, кВ, в i-ом наблюдении;

Число наблюдений за 1 мин должно быть не менее 18 (Приложение Е, пункт 6).

Б.1.3 Вычисляют значение установившегося отклонения напряжения δU_y, в процентах по формуле:

$$\delta U_y = \frac{U_y - U_{ном}}{U_{ном}} 100, \quad (Б.4)$$

где $U_{ном}$ - номинальное междуфазное (фазное) напряжение, В, кВ.

Б.1.4 Качество электрической энергии по установившемуся отклонению напряжения в точке общего присоединения к электрической сети считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если все измеренные за каждую минуту в течение установленного по пункту 5.1 периода времени (24 ч) значения установившегося отклонения напряжения находятся в интервале, ограниченном предельно допускаемыми значениями, а не менее 95% измереннных за тот же период времени значений установившегося отклонения напряжения находится в интервале, ограниченном нормально допускаемыми значениями.

Допускается определять соответствие нормам стандарта по суммарной продолжительности времени выхода за нормально и предельно допускаемые пределы. Качество электрической энергии по установившемуся отклонению напряжения считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если суммарная продолжительность времени выхода за нормально допускаемые значения составляет не более 5% от установленного перида времени, т.е. 1 ч 12 мин, а за предельно допускаемые значения - 0% от этого периода времени.

Б.2 Колебания напряжения

Б.2.1 Размах изменения напряжения δU_t в процентах (в соответствии с рисунком Б.1) вычисляют по формуле:

$$\delta U_t = \frac{|U_i - U_{i+1}|}{U_{ном}} 100, \quad (Б.5)$$

где U_i, U_{i+1} - значения следующих один за другим экстремумов или экстремума и горизонтального участка огибающей среднеквадратичных значений напряжения основной частоты, определенных на каждом полупериоде основной частоты, В, кВ.

Допускается при коэффициенте искажения синусоидальности напряжения, не превышающем 5%, определять размах изменения напряжения δU_t, в процентах, по формуле:

$$\delta U_t = \frac{|U_{a\,i} - U_{a\,i+1}|}{\sqrt{2}\, U_{ном}} 100, \quad (Б.6)$$

где $U_{a\,i}$, $U_{a\,i+1}$ - значения следующих один за другим экстремумов или экстремума и горизонтального участка огибающей амплитудных значений напряжения на каждом полупериоде основной частоты.

Б.2.1.1 Частоту повторения изменений напряжения $F_{\delta Ut}$, $с^{-1}$, $мин^{-1}$, при периодических колебаниях напряжения вычисляют по формуле:

$$F_{\delta Ut} = \frac{m}{T}, \qquad (Б.7)$$

где T - интервал времени измерения, принимаемый равным 10 мин;

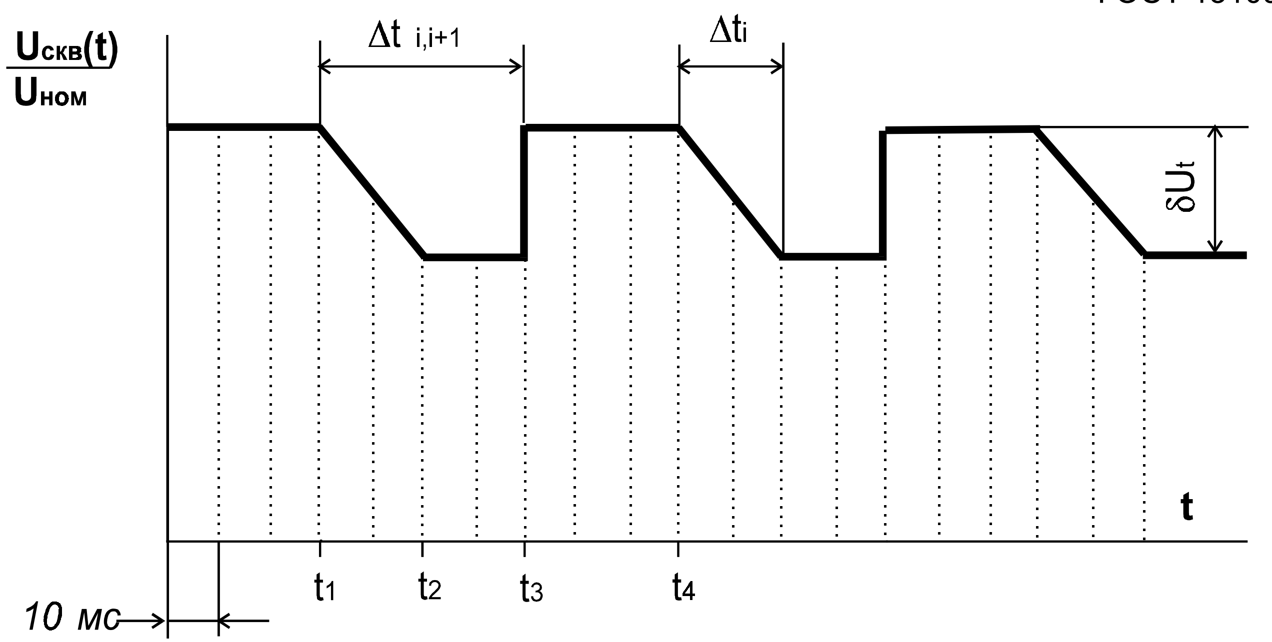
m - число изменений напряжения за время T.

Примечание - Значение частоты повторения изменений напряжения, равное двум изменениям напряжения в секунду, соответствует 1 Гц.

Б.2.1.2 Интервал времени между изменениями напряжения $\Delta t_{i,i+1}$,с, мин, (в соответствии с рисунком Б.1) вычисляют по формуле:

$$\Delta t_{i,i+1} = t_{i+1} - t_i , \qquad (Б.8)$$

где t_i, t_{i+1} - начальные моменты следующих один за другим изменений напряжения, с, мин.



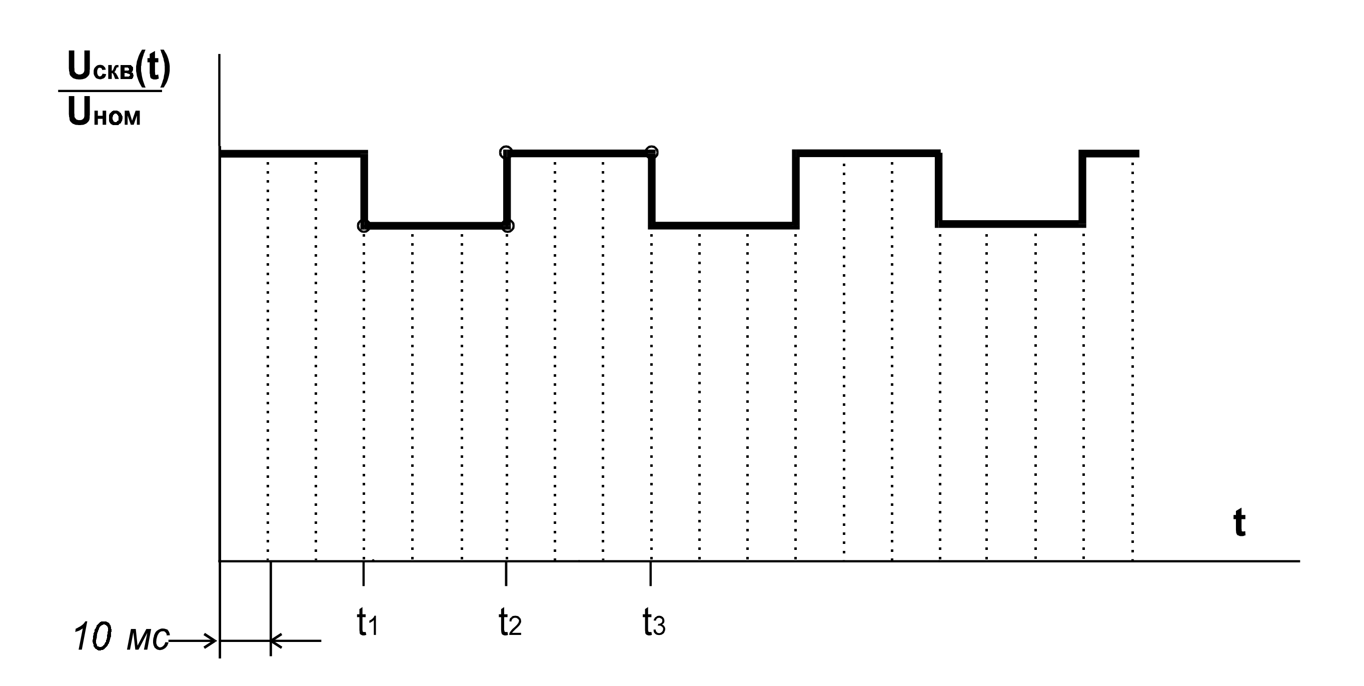


Рисунок Б.1 - Колебания напряжения произвольной формы и имеющие форму меандра

Если интервал времени между окончанием одного изменения и началом следующего, происходящего в том же направлении, менее 30 мс, то эти изменения рассматривают как одно.

Б.2.2 Качество электрической энергии в точке общего присоединения при периодических колебаниях напряжения, имеющих форму меандра, считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если измеренное значение размаха изменений напряжения не превышает значений, определяемых по кривым рисунка 1 для соответствующей частоты повторения изменений напряжения $F_{\delta Ut}$ или интервала между изменениями напряжения $\Delta t_{i,i+1}$.

Определение соответствия качества электрической энергии требованиям настоящего стандарта для периодических и непериодических колебаний напряжения, имеющих форму, отличную от меандра, проводится в соответствии с приложением В.

Б.2.3 Дозу фликера (кратковременную и длительную) при колебаниях напряжения любой формы определяют следующим образом:

Б.2.3.1 Измеряют с помощью фликерметра за интервал времени T_{sh}, равный 10 мин, уровни фликера P,(%)^2, соответствующие интегральной вероятности, равной:

0,1; 0,7; 1,0; 1,5; 2,2; 3,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0; 13,0;17,0; 30,0; 50,0; 80,0%

Б.2.3.2 Определяют с помощью фликерметра или вычисляют сглаженные уровни фликера P_s, (%)^2, по формулам:

$$\left.\begin{aligned} P_{1s} &= \frac{P_{0,7}+P_{1,0}+P_{1,5}}{3} \\ P_{3s} &= \frac{P_{2,2}+P_{3,0}+P_{4,0}}{3} \\ P_{10s} &= \frac{P_6+P_8+P_{10}+P_{13}+P_{17}}{5} \\ P_{50s} &= \frac{P_{30}+P_{50}+P_{80}}{3} \end{aligned}\right\}, \quad (Б.9)$$

где P_{1s}, P_{3s}, P_{10s}, P_{50s} - сглаженные уровни фликера при интегральной вероятности, равной 1,0; 3,0; 10,0; 50,0 соответственно.

Б.2.3.3 Определяют с помощью фликерметра или вычисляют кратковременную дозу фликера P_{st}, отн.ед., на интервале времени T_{sh} по формуле:

$$P_{st} = \sqrt{0{,}0314P_{0,1} + 0{,}0525P_{1s} + 0{,}0657P_{3s} + 0{,}28P_{10s} + 0{,}08P_{50s}}, \quad (Б.10)$$

где коэффициенты имеют размерность (%)$^{-2}$.

Кратковременная доза фликера при периодических колебаниях напряжения с формой, отличающейся от меандра, может быть определена путем расчета в соответствии с приложением В.

Б.2.3.4 Определяют с помощью фликерметра или вычисляют длительную дозу фликера P_{lt}, отн.ед., на интервале времени T_l, равном 2 ч, по формуле:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{12}\sum_{K=1}^{12}(P_{stk})^3}, \quad (Б.11)$$

где P_{stk} - кратковременная доза фликера на k-ом интервале времени T_{sh} в течение длительного периода наблюдения T_l;

Б.2.4 Качество электрической энергии по дозе фликера считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если каждая кратковременная и длительная дозы фликера, определенные путем измерения в течении 24 ч или расчета по приложению В, не превышают предельно допускаемых значений.

Б.3 Несинусоидальность напряжения

Б.3.1 Измерение коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения $K_{(n)i}$ производят для междуфазных (фазных) напряжений.

Б.3.1.1 Для каждого i-ого наблюдения за период времени, равный 24 ч, определяют действующее значение напряжения n-ой гармоники $U_{(n)i}$, В,кВ;

Б.3.1.2 Вычисляют значение коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)i}$,%, как результат i-ого наблюдения, по формуле:

$$K_{U(n)i} = \frac{U_{(n)i}}{U_{(1)i}} 100, \qquad (Б.12)$$

где $U_{(1)i}$ - действующее значение напряжения основной частоты В, кВ на i-ом наблюдении.

Допускается вычислять данный показатель КЭ по формуле:

$$K_{U(n)i} = \frac{U_{(n)i}}{U_{ном}} 100, \qquad (Б.13)$$

где $U_{ном}$ - номинальное междуфазное (фазное) напряжение, В, кВ.

Примечание - Относительная погрешность вычисления $K_{U(n)i}$ с использованием формулы (Б.13) вместо формулы (Б.12) численно равна значению отклонения напряжения $U_{(1)i}$ от $U_{ном}$.

Б.3.1.3 Вычисляют значение коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$,%, как результат усреднения N наблюдений $K_{U(n)i}$ на интервале времени T_{vs}, равном 3 с, по формуле:

$$K_{U(n)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (K_{U(n)i})^2}{N}}, \qquad (Б.14)$$

Число наблюдений N должно быть не менее 9 (Приложение Е, пункт 6).

Б.3.2 Качество электрической энергии по коэффициенту n-ой гармонической составляющей напряжения в точке общего присоединения считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если наибольшее из всех измеренных в течение 24 часов значений коэффициентов n-ой гармонической составляющей напряжения не превышает предельно допускаемого значения, а значение коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения, соответствующее вероятности 95% за установленный период времени, не превышает нормально допускаемого значения.

Допускается определять соответствие нормам стандарта по суммарной продолжительности времени выхода за нормально и предельно допускаемые значения.

Качество электрической энергии по коэффициенту n-ой гармонической составляющей напряжения считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если суммарная продолжительность времени выхода за нормально допускаемые значения составляет не более 5% от установленного периода времени, т.е. 1 ч 12 мин, а за предельно допускаемые значения 0 % от этого периода времени.

Б.3.3 Измерение коэффициента искажения синусоидальности напряжения K_U производят для междуфазных (фазных) напряжений.

Б.3.3.1 Для каждого i-ого наблюдения за установленный период времени определяют действующие значения гармонических составляющих напряжения в диапазоне гармоник от 2-ой до 40-ой, В, кВ, в соответствии с Б.3.1.1.

Б.3.3.2 Вычисляют значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения K_{Ui},%, как результат i-ого наблюдения, по формуле:

$$K_{Ui} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} U_{(n)i}^2}}{U_{(1)i}} 100, \qquad (Б.15)$$

где $U_{(1)i}$ - действующее значение междуфазного (фазного) напряжения основной частоты для i-го наблюдения, В, кВ.

При определении данного показателя КЭ допускается:

1) не учитывать гармонические составляющие, значения которых менее 0,1%;

2) вычислять данный показатель КЭ по формуле:

$$K_{Ui} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} U_{(n)i}^2}}{U_{ном}} 100, \qquad (Б.16)$$

где $U_{ном}$ - номинальное значение междуфазного (фазного) напряжения, В, кВ.

Примечание - Относительная погрешность определения K_{Ui} с использованием формулы (Б.16) вместо формулы (Б.15) численно равна значению отклонения напряжения $U_{(1)i}$ от $U_{ном}$.

Б.3.3.3 Вычисляют значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения K_U,%, как результат усреднения N наблюдений K_{Ui} на интервале времени T_{vs}, равном 3 с, по формуле:

$$K_U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} K_{Ui}^2}{N}}, \qquad (Б.17)$$

Число наблюдений N должно быть не менее 9 (Приложение Е, пункт 6).

Б.3.4 Качество электрической энергии по коэффициенту искажения синусоидальности напряжения в точке общего присоединения считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если наибольшее из всех измеренных в течение 24 ч значений коэффициентов искажения синусоидальности напряжения не превышает предельно допускаемого значения, а значение коэффициента искажения синусоидальности напряжения, соответствующее вероятности 95% за установленный период времени, не превышает нормально допускаемого значения.

Допускается определять соответствие нормам настоящего стандарта по суммарной продолжительности времени выхода за нормально и предельно допускаемые значения.

Качество электрической энергии по коэффициенту искажения синусоидальности напряжения считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если суммарная продолжительность времени выхода за нормально допускаемые значения составляет не более 5% от установленного периода времени, т.е. 1 ч 12 мин, а за предельно допускаемые значения 0 % от этого периода времени.

Б.4 Несимметрия напряжений

Б.4.1 Измерение коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} производят для междуфазных напряжений следующим образом:

Б.4.1.1 Для каждого i-ого наблюдения за период времени, равный 24 ч, измеряют одновременно действующие значения междуфазных напряжений по основной частоте $U_{AB(1)i}$, $U_{BC(1)i}$, $U_{CA(1)i}$, В, кВ.

Б.4.1.2 Вычисляют действующее значение напряжения обратной последовательности основной частоты $U_{2(1)i}$ по формуле:

$$U_{2(1)i} = \sqrt{\frac{1}{12}\left[\left(\sqrt{3}U_{AB(1)i} - \sqrt{4U_{BC(1)i}^2 - \left(\frac{U_{BC(1)i}^2 - U_{CA(1)i}^2}{U_{AB(1)i}} + U_{AB(1)i}\right)^2}\right)^2 + \left(\frac{U_{BC(1)i}^2 - U_{CA(1)i}^2}{U_{AB(1)i}}\right)^2\right]}, \quad (Б.18)$$

Б.4.1.3 Вычисляют коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2Ui},%, как результат i-ого наблюдения, по формуле:

$$K_{2Ui} = \frac{U_{2(1)i}}{U_{1(1)i}}, \quad (Б.19)$$

где $U_{2(1)i}$ - действующее значение напряжения обратной последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений в i-ом наблюдении, В, кВ;

$U_{1(1)i}$ - действующее значение напряжения прямой последовательности основной частоты в i-ом наблюдении, В, кВ.

При определении K_{2Ui} допускается:

1) вычислять $U_{2(1)i}$ по приближенной формуле:

$$U_{2(1)i} = 0{,}62\ (U_{нб(1)i} - U_{нм(1)i}), \quad (Б.20)$$

где $U_{нб(1)i}$, $U_{нм(1)i}$ - наибольшее и наименьшее действующие значения из трех междуфазных напряжений основной частоты в i-ом наблюдении, В, кВ.

Примечание - Относительная погрешность определения K_{2Ui} с использованием формулы (Б.20) вместо формулы (Б.18) не превышает +8%;

2) применять при вычислении $U_{2(1)i}$ вместо действующих значений междуфазных напряжений основной частоты действующие значения соответствующих напряжений с учетом гармонических составляющих этих напряжений при коэффициенте искажения синусоидальности напряжения (в соответствии с требованиями Б.3), не превышающем 5%;

3) вычислять K_{2Ui} по формуле:

$$K_{2Ui} = \frac{U_{2(1)i}}{U_{ном\ мф}} 100, \qquad (Б.21)$$

где $U_{ном\ мф}$ - номинальное значение междуфазного напряжения, В, кВ.

Примечание - Относительная погрешность определения K_{2Ui} с использованием формулы (Б.21) вместо формулы (Б.19) численно равна значению отклонения напряжения $U_{1(1)i}$ от $U_{ном}$.

Б.4.1.4 Вычисляют значение коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U},%, как результат усреднения N наблюдений K_{2Ui} на интервале времени T_{VS}, равном 3 с, по формуле:

$$K_{2U} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} K_{2Ui}^2}{N}} \qquad (Б.22)$$

Число наблюдений N должно быть не менее 9 (Приложение Е, пункт 6).

Б.4.2 Качество электрической энергии по коэффициенту обратной последовательности в точке общего присоединения считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если наибольшее из всех измеренных в течение 24 ч значений коэффициентов несимметрии напряжений по обратной оследовательности не превышает предельно допускаемого значения, а значение коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности, соответствующее вероятности 95%, за установленный период времени, не превышает нормально допускаемого значения.

Допускается определять соответствие нормам стандарта по суммарной продолжительности времени выхода за нормально и предельно допускаемые значения.

Качество электрической энергии по коэффициенту обратной последовательности считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если суммарная продолжительность времени выхода за нормально допускаемые значения составляет не более 5% от установленного периода времени, т.е. 1 ч 12 мин, а за предельно допускаемые значения 0 % от этого периода времени.

Б.4.3 Измерение коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0Ui} проводят в четырехпроводных сетях следующим образом:

Б.4.3.1 Для каждого i-ого наблюдения за период времени, равный 24 ч, измеряют одновременно действующие значения трех междуфазных и двух фазных напряжений основной частоты $U_{AB(1)i}$, $U_{BC(1)i}$, $U_{CA(1)i}$, $U_{A(1)i}$, $U_{B(1)i}$, $U_{C(1)i}$,В,кВ.

Б.4.3.2 Определяют действующее значение напряжения нулевой последовательности основной частоты $U_{0(1)i}$ в i-ом наблюдении по формуле:

$$U_{0(1)i} = \frac{1}{6}\sqrt{\left[\frac{U^2_{BC(1)i} - U^2_{CA(1)i} - 3(U^2_{B(1)i} - U^2_{A(1)i}}{U_{AB(1)i}}\right]^2 + \left[\sqrt{4U^2_{BC(1)i} - \left(U_{AB(1)i} + \frac{U^2_{BC(1)i} - U^2_{CA(1)i}}{U_{AB(1)i}}\right)^2} - 3\sqrt{4U^2_{BC(1)i} - \left(U^2_{BC(1)i} + \frac{U^2_{B(1)i} - U^2_{A(1)i}}{U_{AB(1)i}}\right)^2}\;\right]^2}, \quad (Б.23)$$

Б.4.3.3 Вычисляют коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0Ui},%, как результат i-ого наблюдения, по формуле:

$$K_{0Ui} = \frac{\sqrt{3}U_{0(1)i}}{U_{1(1)i}}100, \quad (Б.24)$$

где $U_{0(1)i}$ - действующее значение напряжения нулевой последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений в i-ом наблюдении, В,кВ,

$U_{1(1)i}$- действующее значение междуфазного напряжения прямой последовательности основной частоты, В,кВ.

При определении данного показателя КЭ допускается:

1) вычислять $U_{0(1)i}$ при симметрии междуфазных напряжений по приближенной формуле:

$$U_{0(1)i} = 0{,}62\ (U_{нб\ ф(1)i} - U_{нм\ ф(1)i}), \quad (Б.25)$$

где $U_{нб\ ф(1)i}$, $U_{нм\ ф(1)i}$ - наибольшее и наименьшее из трех действующих значений фазных напряжений основной частоты в i-ом наблюдении,В,кВ.

Примечание - Относительная погрешность определения $K_{0(1)i}$ с использованием формулы (Б.25) вместо формулы (Б.23) не превышает ±10%;

2) применять вместо действующих значений междуфазных и фазных напряжений основной частоты действующие значения соответствующих напряжений с учетом всех гармонических составляющих этих напряжений при коэффициенте искажения синусоидальности кривых напряжений, не превышающем 5%;

3) вычислять K_{0Ui} по формуле:

$$K_{0Ui} = \frac{U_{0(1)i}}{U_{ном\ ф}}100, \quad (Б.26)$$

где $U_{ном\ ф}$ - номинальное значение фазного напряжения, В,кВ.

Примечание - Относительная погрешность определения K_{0Ui} с использованием формулы (Б.26) вместо формулы (Б.24) численно равна значению отклонения напряжения $U_{1(1)i}$ от $U_{ном}$.

Б.4.3.4 Вычисляют значение коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U},%, как результат усреднения N наблюдений K_{0Ui} на интервале времени T_{VS}, равном 3 с, по формуле:

$$K_{0U} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} K_{0Ui}^2}{N}}, \tag{Б.27}$$

Число наблюдений N должно быть не менее 9 (Приложение Е, пункт 6).

Б.4.3.5 Качество электрической энергии по коэффициенту несимметрии напряжений по нулевой последовательности в точке общего присоединения считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если наибольшее из всех измеренных в течение 24 ч значений коэффициентов несимметрии напряжений по нулевой последовательности не превышает предельно допускаемого значения, а значение коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности, соответствующее вероятности 95% за установленный период времени, не превышает нормально допускаемого значения.

Допускается определять соответствие нормам стандарта по суммарной продолжительности времени выхода за нормально и предельно допускаемые значения.

Качество электрической энергии по коэффициенту несимметрии напряжений по нулевой последовательности считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если суммарная продолжительность времени выхода за нормально допускаемые значения составляет не более 5% от установленного периода времени, т.е. 1 ч 12 мин, а за предельно допускаемые значения 0 % от этого периода времени.

Б.5 Отклонение частоты

Измерение отклонения частоты Δf производят следующим образом:

Б.5.1 Для каждого i-ого наблюдения за установленный период времени измеряют действительное значение частоты f_i, Гц.

Б.5.2 Вычисляют усредненное значение частоты f_y, Гц, как результат усреднения N наблюдений f_i на интервале времени, равном 20 с, по формуле:

$$f_y = \frac{\sum_{i=1}^{N} f_i}{N}, \tag{Б.28}$$

Число наблюдений N должно быть не менее 15.

Б.5.3 Вычисляют значение отклонения частоты Δf, Гц, по формуле:

$$\Delta f = f_y - f_{ном}, \tag{Б.29}$$

где $f_{ном}$ - номинальное значение частоты, Гц.

Б.5.4 Качество электрической энергии по отклонению частоты считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если все измеренные в течение 24 ч значения отклонений частотвы находятся в интервале, ограниченном предельно допускаемыми значениями, а не менее 95% всех измеренных значений отклонения частоты, находятся в интервале, ограниченном нормально допускаемыми значениями.

Допускается определять соответствие нормам стандарта по суммарной продолжительности времени выхода за нормально и предельно допускаемые значения. Качество электрической энергии по отклонению частоты считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если суммарная продолжительность времени выхода за нормально допускаемые значения составляет не более 5% от установленного периода времени, т.е. 1 ч 12 мин, а за предельно допускаемые значения - 0%.

Б.6 Провал напряжения

Измерение длительности провала напряжения $\Delta t_п$,с, (рисунок Б.2) проводят следующим образом:

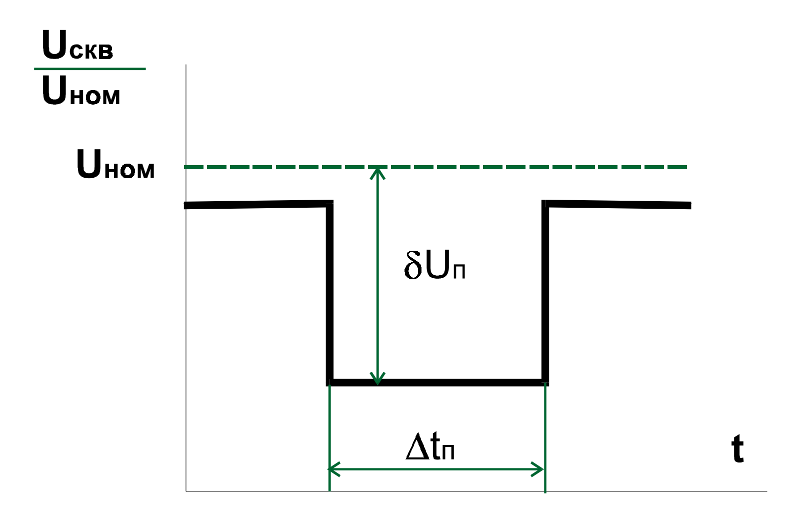


Рисунок Б.2 - Провал напряжения

Б.6.1 Фиксируют начальный момент времени $t_н$ резкого спада (с длительностью менее 10 мс) огибающей среднеквадратических значений напряжения, определенных на каждом полупериоде основной частоты, ниже уровня 0,9 $U_{ном}$.

Б.6.2 Фиксируют конечный момент времени $t_к$ восстановления среднеквадратичного значения напряжения до 0,9 $U_{ном}$.

Б.6.3 Вычисляют длительность провала напряжения $\Delta t_п$,с, по формуле:

$$\Delta t_п = t_к - t_н \qquad (Б.30)$$

где $t_н$, $t_к$ - начальный и конечный моменты времени провала напряжения.

Б.6.4 Качество электрической энергии по длительности провалов напряжения в точке общего присоедиения считают соответствующим требованиям настоящего стандарта, если наибольшее из всех измеренных в течение продолжительного периода наблюдения (как правило, в течение года) длительностей провалов напряжения не превышает предельно допускаемого значения.

В соответствии с 6.5 допускается определять максимально возможную длительность провала в точке присоединения к электрической сети путем расчета суммарной выдержки времени устройств релейной защиты, автоматики и коммутационных аппаратов, установленных в соответствующих электрических сетях энергоснабжающей организации. Если найденная таким способом длительность провала напряжения не превышает предельно допускаемого значения, то качество электрической энергии по длительности провалов напряжения считают соответствующим требованиям настоящего стандарта.

Б.6.5 Глубину провала напряжения $\delta U_п$,%, (рисунок Б.2) определяют следующим образом:

Б.6.5.1 Измеряют среднеквадратичные значения напряжения U за каждый полупериод основной частоты во время провала напряжения, В, кВ.

Б.6.5.2 Определяют минимальное из всех измеренных в соответствии с Б.6.5.1 среднеквадратичных значений напряжения $U_{мин}$, В, кВ.

Б.6.5.3 Вычисляют глубину провала напряжения $\delta U_п$,%, по формуле:

$$\delta U_{п} = \frac{U_{ном} - U_{мин}}{U_{ном}} 100, \quad (Б.31)$$

Б.6.6 Частость появления провалов напряжения $F_п$,%, вычисляют по формуле:

$$F_{п} = \frac{m\ (\delta U_{п}, \Delta t_{п})}{M} 100 \quad (Б.32)$$

где $m\ (\delta U_п, \Delta t_п)$ - число провалов напряжения глубиной $\delta U_п$ и длительностью $\Delta t_п$ за рассматриваемый период времени наблюдения Т , M - суммарное число провалов напряжения за рассматриваемый период времени наблюдений Т.

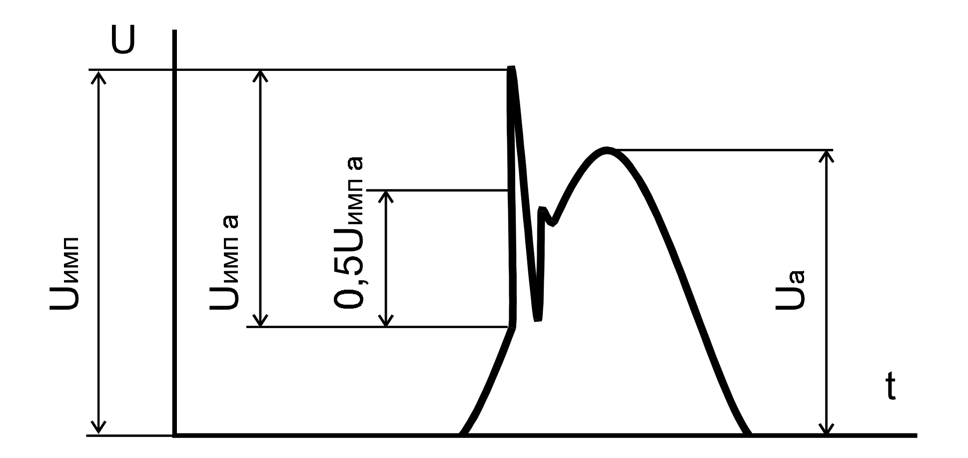
Б.7 Импульс напряжения

Б.7.1 Импульсное напряжение $U_{имп}$,В,кВ, (рисунок Б.3) измеряют как максимальное значение напряжения при резком его изменении (длительность фронта импульса не более 5 мс).

Б.7.2 Длительность импульса напряжения по уровню 0,5 его амплитуды $t_{имп\ 0,5}$,мкс,мс, (рисунок Б.3) измеряют следующим образом:

Б.7.2.1 Выделяют из общей кривой напряжения импульс напряжения и определяют амплитуду этого импульса $U_{имп\ а}$,В,кВ, как максимальное значение импульса напряжения (рисунок Б.3).

Б.7.2.2 Определяют моменты времени $t_{н\ 0,5}$, $t_{к\ 0,5}$ (рисунок Б.3), соответствующие пересечению кривой импульса напряжения горизонтальной линией, проведенной на половине аплитуды импульса, мкс,мс.



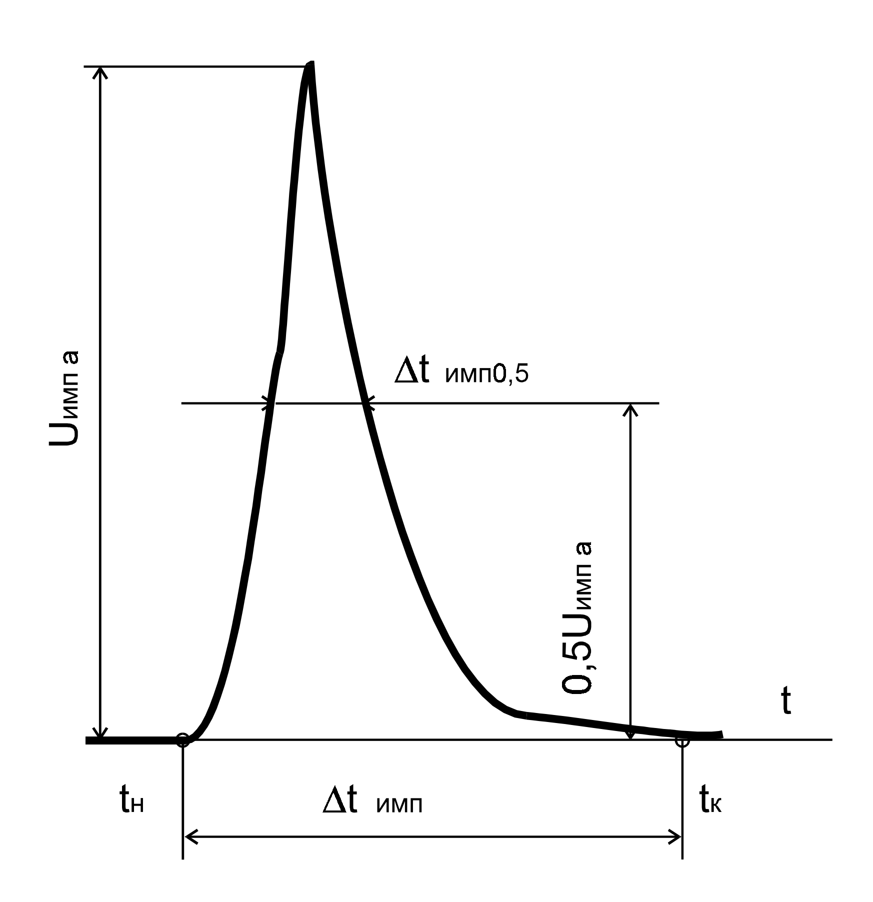


Рисунок Б.3 - Параметры импульсного напряжения

Б.7.2.3 Вычисляют $\Delta t_{имп\ 0,5}$ по формуле:

$$\Delta t_{имп\ 0,5} = t_{к\ 0,5} - t_{н\ 0,5}, \qquad (Б.33)$$

Б.8 Временное перенапряжение

Б.8.1 Измерение коэффициента временного перенапряжения $K_{пер\ U}$, в относительных единицах, (рисунок Б.4) проводят следующим образом:

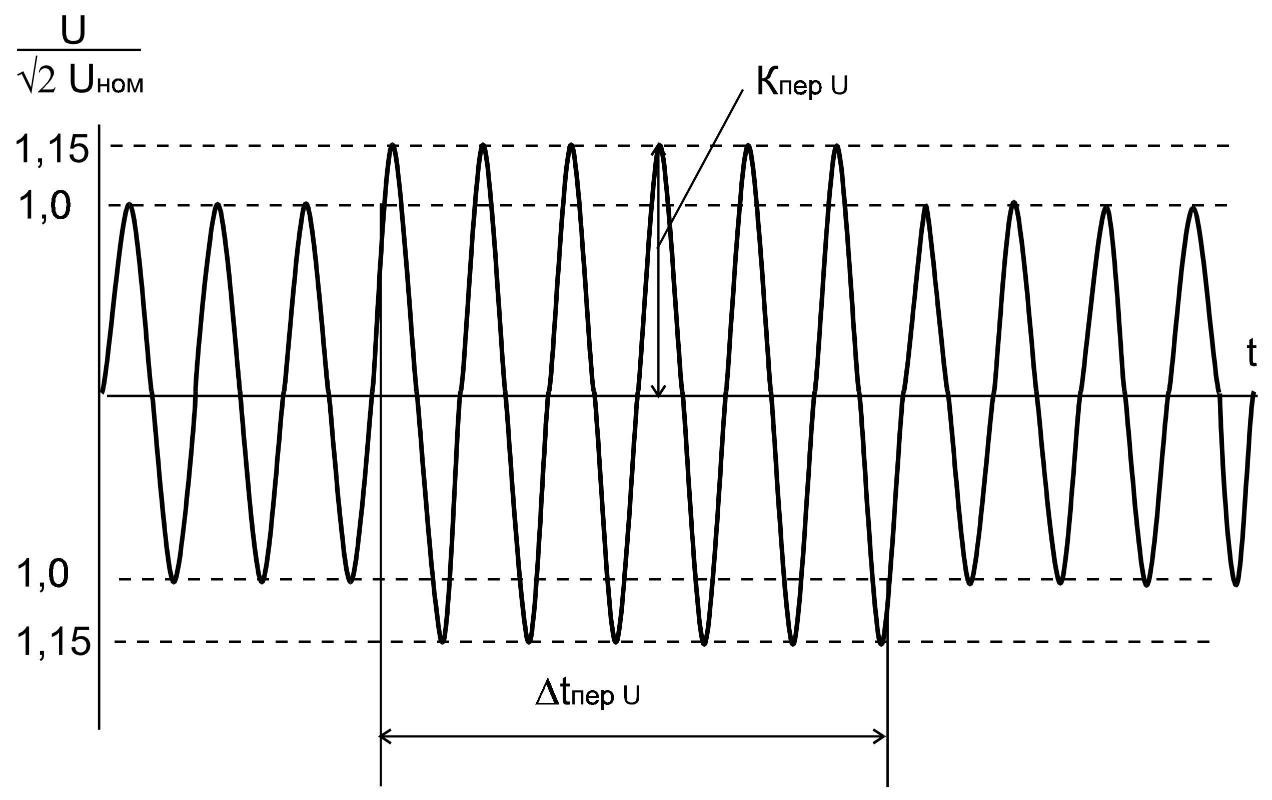


Рисунок Б.4 - Временное перенапряжение

Б.8.1.1 Измеряют амплитудные значения напряжения $U_а$,В,кВ, на каждом полупериоде основной частоты при резком (длительность фронта до 5 мс) превышении уровня напряжения, равного 1,1 $\sqrt{2}\,U_{ном}$.

Б.8.1.2 Определяют максимальное из измеренных в соответствии с Б.8.1.1 амплитудных значений напряжения $U_{а\ макс}$.

С целью исключения влияния коммутационного импульса на значение коэффициента временного перенапряжения определение $U_{а\ макс}$ производят через 0,04 с от момента превышения напряжением уровня, равного $1,1U_{ном}$.

Б.8.1.3 Вычисляют коэффициент временного перенапряжения по формуле:

$$K_{пер\ U} = \frac{U_{а\ макс}}{\sqrt{2}U_{ном}}, \qquad (Б.34)$$

Б.8.2 Длительность временного перенапряжения $\Delta t_{пер}$,с, определяют следующим образом:

Б.8.2.1 Фиксируют момент времени $t_{н\ пер}$ превышения действующим значением напряжения уровня, равного $1,1U_{ном}$, и момент времени $t_{к\ пер}$ спада напряжения до уровня $1,1U_{ном}$.

Б.8.2.2 Вычисляют $\Delta t_{пер\ U}$,с, по формуле:

$$\Delta t_{пер\ U} = t_{к\ пер} - t_{н\ пер}\ , \tag{Б.35}$$

Приложение В
(Рекомендуемое)

Аналитические методы оценки соответствия колебаний напряжения с формой, отличной от меандра, установленным нормам

При любой форме периодических и непериодических колебаний напряжения оценка соответствия этих колебаний нормам настоящего стандарта может быть проведена с помощью специализированного средства измерений - фликерметра. При наличии записи огибающей среднеквадратичных значений напряжения на интервале времени измерений по пункту 5.1 стандарта с помощью средств измерений, приведенных в приложении Е, оценка может быть проведена аналитическими методами.

В.1 Метод 1

Метод применяют для периодических колебаний, формы которых приведены на рисунках В.1, В.2 и В.3, с частотой повторения изменений напряжения менее 2 изменений в секунду (120 мин$^{-1}$). Оценку соответствия указанных колебаний нормам проводят следующим образом:

В.1.1 Определяют форму колебаний, выделяя огибающую среднеквадратичных значений напряжения, полученных на каждом полупериоде основной частоты (рисунок Б.1).

В.1.2 Определяют размах δU_t и частоту повторения $F_{\delta Ut}$ изменений напряжения (Б.2.1).

В.1.3 Для периодических колебаний двухступенчатой и пилообразной (рисунок В.1), прямоугольной и треугольной (рисунок В.2) формы определяют интервал между изменениями напряжения $\Delta t_{i,i+1}$ (Б.3.2). Для периодических колебаний, вызванных пуском двигателей (рисунок В.3) определяют длительности переднего и заднего фронта изменений напряжения ($\Delta t_{ф1}$, $\Delta t_{ф2}$).

В.1.4 По рисункам В.1, В.2 и В.3 определяют коэффициент $F_{пр}$ приведения колебаний напряжения с формой, полученной по п. В.1.1, к колебаниям ступенчатой формы.

В.1.5 Определяют приведенный размах изменения напряжения $\delta U_{tпр}$ по формуле:

$$\delta U_{tпр} = F_{пр} \bullet \delta U_t , \qquad (В.1)$$

В.1.6 По кривым рисунка 1 для измеренной частоты повторения изменений напряжения $F_{\delta Ut}$ сравнивают приведенный размах изменения напряжения $\delta U_{tпр}$ с нормированным значением $\delta U_{tнорм}$.

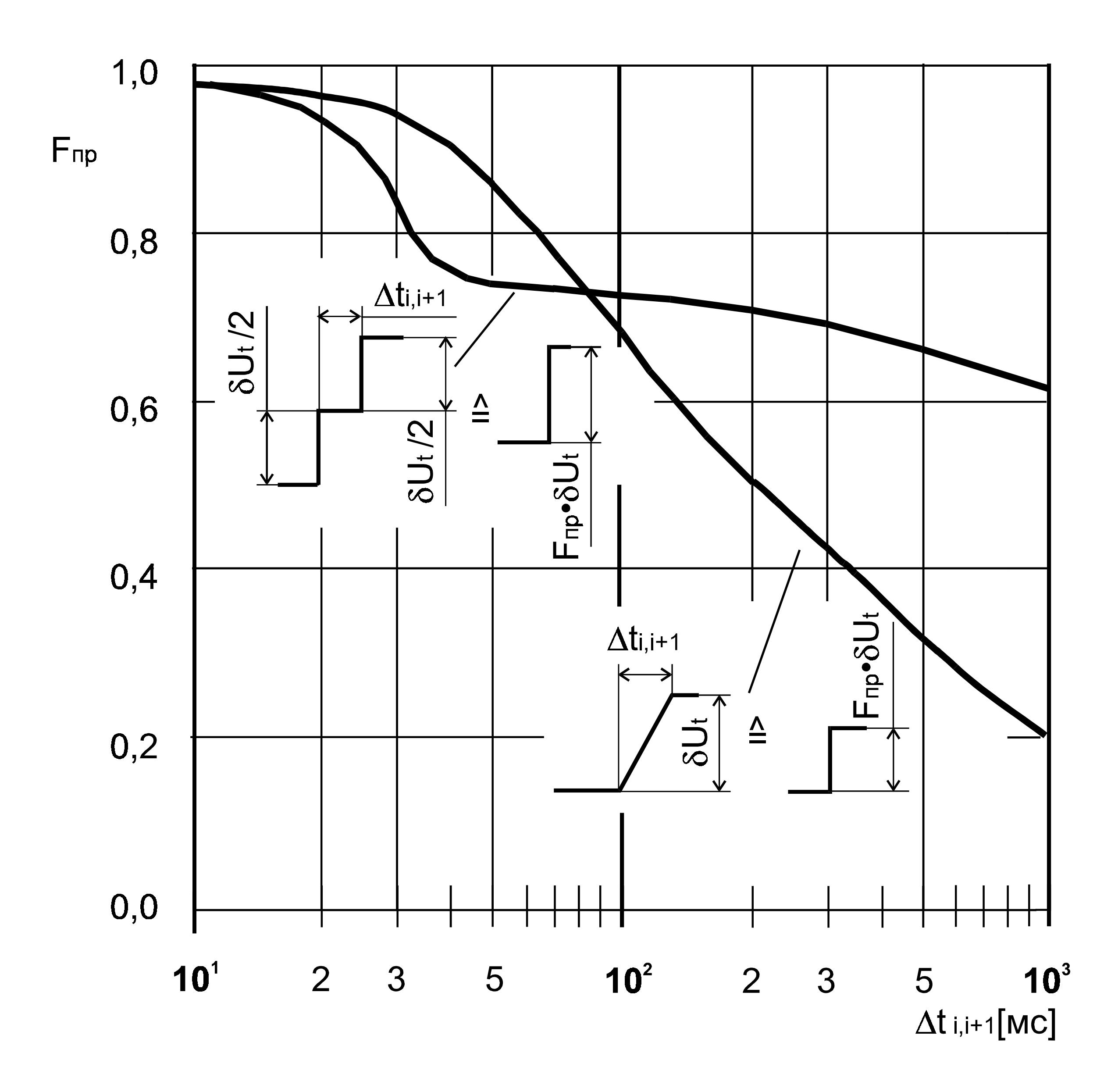


Рисунок В.1 - Коэффициент приведения Fпр для периодических колебаний напряжения, имеющих двухступенчатую и пилообразную форму

Рисунок В.2 - Коэффициент приведения $F_{пр}$ для прямоугольных и треугольных периодических колебаний напряжения

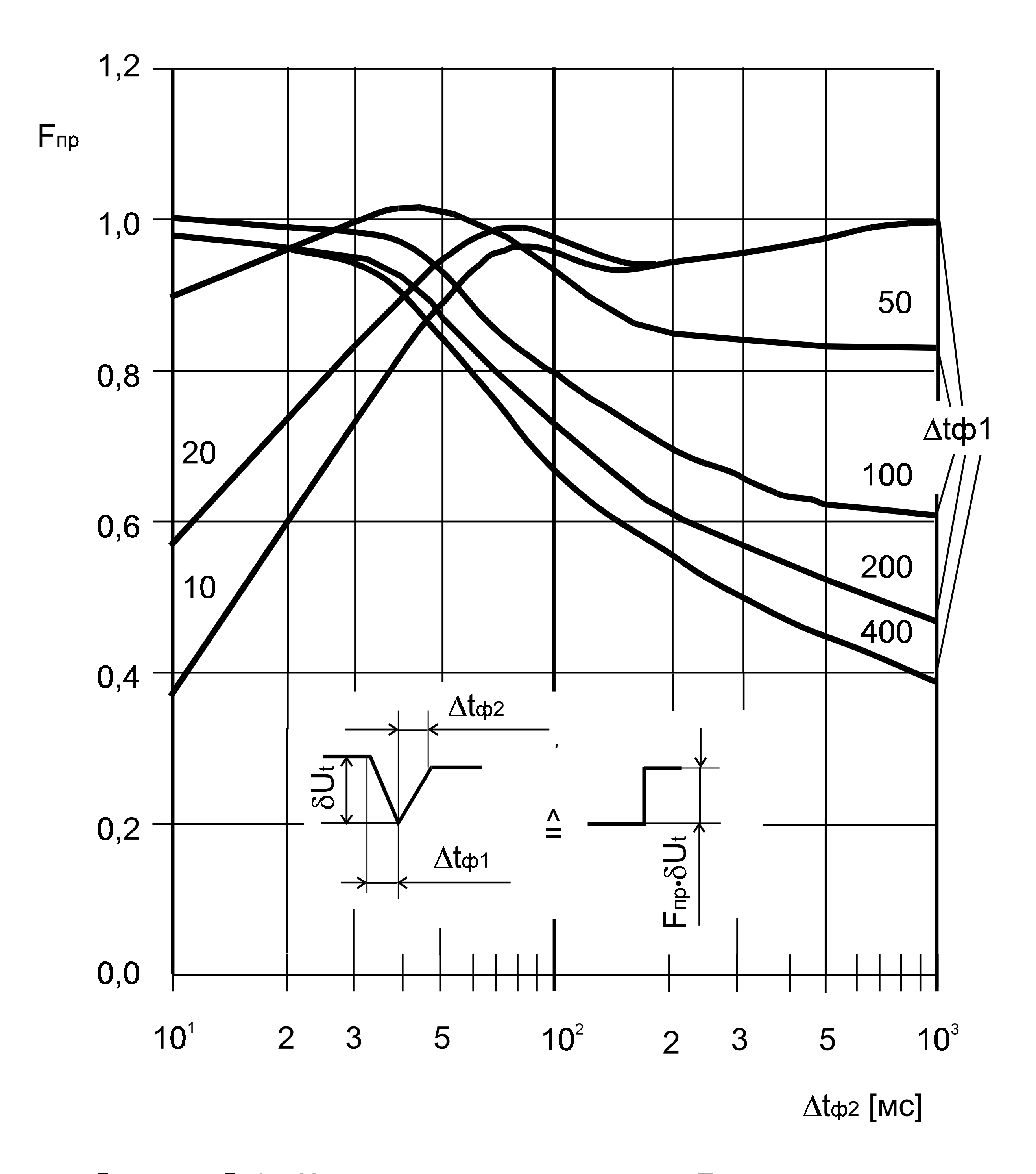


Рисунок В.3 - Коэффициент приведения $F_{пр}$ для периодических колебаний напряжения, вызванных пуском двигателей

Если $\delta U_{tпр}$ не превышает $\delta U_{tнорм}$, то колебания напряжения соответствуют требованиям стандарта.

В.2 Метод 2

Метод применяют при непериодических колебаниях, формы которых приведены на рисунках В.1, В.2 и В.3, в тех случаях, когда интервал времени между окончанием одного колебания напряжения и началом следующего не менее 1 с. Оценку соответствия колебаний нормам проводят следующим образом:

В.2.1 На интервале времени измерений по 3.1. настоящего стандарта выделяют длительные интервалы времени наблюдения колебаний T_l, равные 2 ч, соответствующие периодам наибольших проявлений этих колебаний по размаху и числу изменений напряжений. Внутри этих длительных интервалов выделяют кратковременные интервалы времени наблюдения T_{sh}, равные 10 мин, соответствующие периодам наибольших проявлений этих колебаний по размаху и числу изменений напряжения.

В.2.2 На каждом из выделенных кратковременных интервалов T_{sh} определяют форму колебаний напряжения в соответствии с В.1.1.

В.2.3 Определяют размах изменения напряжения δU_{ti} для каждого i-го колебания напряжения установленной формы.

В.2.4 На выделенном кратковременном интервале T_{sh} для колебаний двухступенчатой и пилообразной (рисунок В.1), прямоугольной и треугольной (рисунок В.2) формы определяют интервалы между смежными изменениями напряжения $\Delta t_{i,i+1}$ или длительности переднего и заднего фронтов изменений напряжения ($\Delta t_{ф1}$, $\Delta t_{ф2}$) для колебаний, вызванных пуском двигателей (рисунок В.3).

В.2.5 Определяют коэффициент приведения $F_{пр}$ для каждого i-го колебания напряжения в соответствии с В.1.4.

В.2.6 Определяют приведенный размах $\delta U_{ti\ пр}$ для каждого i-го колебания напряжения в соответствии с В.1.5.

В.2.7 Для каждого i-го приведенного размаха изменения напряжения $\delta U_{ti\ пр}$ определяют минимальный интервал времени между изменениями напряжения $\Delta t_{i,i+1\ мин}$ по таблице В.1 или по соответствующим кривым рисунка 1 при условии, что $\delta U_{ti\ пр} = \delta U_{ti\ норм}$.

В.2.8 На рассматриваемом кратковременном интервале T_{sh} вычисляют сумму всех минимальных интервалов времени $\Delta t_{i,i+1\ мин}$, полученных по В.2.7 и сопоставляют эту сумму с длительностью T_{sh}.

Если $\sum \Delta t_{i,i+1\ мин} \le T_{sh}$, то колебания напряжения соответствуют требованиям стандарта на данном кратковременном интервале T_{sh}.

В.2.9 Операции по В.2.2 - В.2.8 повторяют для каждого выделенного кратковременного интервала T_{sh}.

Если $\sum \Delta t_{i,i+1\ мин} \le T_{sh}$ выполняется для каждого T_{sh}, то колебания напряжения соответствуют требованиям стандарта.

В.3 Метод 3

Метод применяют для определения кратковременной и длительной доз фликера при непериодических колебаниях, форма которых приведена на рисунках В.1, В.2 и В.3.

Метод не применяют, если интервал времени между окончанием одного колебания напряжения и началом следующего меньше 1 с.

Оценку соответствия колебаний нормам проводят следующим образом:

В.3.1 На интервале времени измерений по 6.1 настоящего стандарта выделяют длительные интервалы времени наблюдения T_l в соответствии с В.2.1. Длительные интервалы T_l разбивают на кратковременные, равные 10 мин, интервалы времени наблюдения T_{sh}.

В.3.2 На каждом кратковременном интервале T_{sh} выполняют операции по В.2.2 - В.2.7.

В.3.3 На каждом кратковременном интервале T_{sh} для каждого i-го колебания напряжения вычисляют время восприятия фликера $t_{фi}$ по формуле:

$$t_{фi} = 2,3\ (\delta U_{tiпр})^{3,2} \qquad (В.2)$$

В.3.4 На каждом кратковременном интервале T_{sh} вычисляют кратковременную дозу фликера по формуле:

$$P_{st} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{m} t_{фi}}{T_{sh}} \right)^{\frac{1}{3,2}}, \qquad (В.3)$$

где m - число колебаний напряжения на интервале T_{sh}

В.3.5 На каждом выделенном длительном интервале времени T_l вычисляют длительную дозу фликера по формуле:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{k=1}^{12} \left(P_{stk}\right)^3}{12}}, \qquad (В.4)$$

где P_{stk} - кратковременная доза фликера на k-ом интервале T_{sh} внутри длительного интервала T_l.

В.3.6 Если длительная доза фликера P_{lt} на каждом выделенном интервале времени наблюдения T_l не превышает нормированного значения и кратковременная доза фликера T_{sh} на каждом интервале времени наблюдения T_{sh} не превышает нормированного значения, то колебания напряжения соответствуют требованиям стандарта.

Таблица В.1

$\delta U_{t\ норм}$,%		$F_{\delta Ut}$, мин$^{-1}$	$\Delta t_{i,i+1}$, с
кривая 1	кривая 2		
4,14	3,00	0,76	78,95
4,00	2,90	0,84	71,43
3,86	2,80	0,95	63,16
3,73	2,70	1,06	56,605
3,59	2,60	1,20	50,00
3,45	2,50	1,36	44,12
3,30	2,40	1,55	38,71
3,17	2,30	1,78	33,71
3,04	2,20	2,05	29,27
2,90	2,10	2,39	25,10
2,76	2,00	2,79	21,50
2,60	1,90	3,29	18,24
2,48	1,80	3,92	15,31
2,35	1,70	4,71	12,74
2,21	1,60	5,72	10,49
2,07	1,50	7,04	8,52
1,93	1,40	8,79	6,82
1,79	1,30	11,16	5,38
	1,20	14,44	4,16
1,52	1,10	19,10	3,14
1,38	1,00	26,60	2,26
1,31	0,95	32,00	1,88
1,24	0,90	39,00	1,54
1,17	0,85	48,70	1,23
1,10	0,80	61,80	0,97
1,04	0,75	80,50	0,74
0,97	0,70	110,00	0,54
0,90	0,65	175,00	0,34
0,83	0,60	275,00	0,22
0,76	0,55	380,00	0,16
0,69	0,50	475,00	0,13
0,62	0,45	580,00	0,10
0,55	0,40	690,00	0,09
0,48	0,35	795,00	0,08
0,40	0,29	1052,00	0,06
0,41	0,30	1180,00	-
0,48	0,35	1400,00	-
0,55	0,40	1620,00	-
0,62	0,45	1800,00	-

Приложение Г
(Справочное)

Характеристики провалов напряжения в электрических сетях напряжением 6 -10 кВ

Г.1 При определении приведенных в таблице Г.1 данных о глубине, длительности и частости появления провалов напряжения в электрических сетях 6-10 кВ была использована информация о протяженности линий 6-10 кВ, а также о количестве:

- повреждений в линиях 6 - 10 кВ за год;
- распределительных (РП) и трансформаторных подстанций (ТП), в том числе с устройствами автоматического включения резерва (АВР) на стороне 6 - 10 кВ и на стороне 0,38 кВ;
- центров питания (ЦП) в том числе с индивидуальным реактированием отходящих от шин ЦП линий 6 - 10 кВ и групповым реактором на ЦП;
- электрически несвязанных участков в сети 6 - 10 кВ;
- случаев за год обесточения секций ЦП в результате повреждения оборудования и линий 35 кВ и выше (неуспешная работа АВР и устройств автоматического повторного включения (АПВ));
- случаев за год успешной работы АПВ и АВР при повреждениях в сети 35 кВ и выше.

Г.2 Соотношение характерных интервалов длительностей провалов напряжения для крупных городских кабельных электрических сетей (в % к общему количеству провалов) приведено в таблице Г.1.

Таблица Г.1

Интервалы длительности провалов напряжения, с	Доля интервалов данной длительности, %
3 - 6	20
6 - 15	60
15 - 21	16
21 - 30	4
3 - 30	100

Примечание - Провалы напряжения длительностью до 3 с имеют место только в электрических сетях, где устройства автоматического включения резерва (АВР) на трансформаторной подстанции выполнены на стороне 0,38 кВ (с временем срабатывания АВР, равным 0,2 с), что не является типичным для большинства электрических сетей.

Г.3 Соотношение характеристик провалов напряжения для городской кабельной сети 6 - 10 кВ, имеющей во всех РП и ТП устройства АВР, приведено в таблице Г.2.

Таблица Г.2

Глубина провала, %	Доля интервалов, %, при длительности провала, с				Всего провалов, %
	0,2	0,5 - 0,7	1,5 - 3,0	3,0 - 30	
10 - 35	-	-	18	-	18
35 - 99	38	3	8	-	49
100	26	-	-	7	33
Всего провалов, %	64	3	26	7	100

Примечания

1 45% ЦП имеют индивидуальные реакторы на отходящих кабельных линиях, на 55% установлены групповые реакторы.

2 25% АВР выполнено на стороне 6 - 10 кВ с временем срабатывания от 3 до 30 с;

75% АВР выполнено на стороне 0,38 кВ с временем срабатывания 0,2 с.

3 80% от общего количества провалов напряжения вызваны повреждениями в электрических сетях 6 - 10 кВ (общая протяженность сети 30000 км); 20% - повреждениями на ЦП и в электрических сетях напряжением 35 кВ и выше (городская сеть питается от 120 ЦП).

4 В среднем каждый потребитель испытывает провалы напряжения 12 раз в год.

Г.4 Соотношение характеристик провалов напряжения для городской кабельной электрической сети 6 - 10 кВ, имеющей устройства АВР на всех РП и частично на ТП, приведено в таблице Г.3.

Таблица Г.3

Глубина провала, %	Доля интервалов, %, при длительности провала, с				Всего провалов, %
	0,2	0,5 - 0,7	1,5 - 3,0	3,0 - 30	
10 - 35	–	–	14	–	14
35 - 99	–	9	39	–	48
100	–	–	–	38	38
Всего провалов, %	–	9	53	38	100

Примечания

1 26% ЦП имеют индивидуальные реакторы на отходящих кабельных линиях, на 74% установлены или отсутствуют групповые реакторы.

2 72% трансформаторных подстанций имеют АВР на стороне 6-10 кВ.

3 70% от общего количества провалов напряжения вызваны повреждениями в электрических сетях 6 - 10 кВ (общая протяженность сети 10000 км); 30% - повреждениями на ЦП и в электрических сетях напряжением 35 кВ выше (городская сеть питается от 65 ЦП).

4 В среднем каждый потребитель испытывает провалы напряжения 4 раза в год.

Г.5 Соотношение характеристик провалов напряжения для городской кабельной сети 6 - 10 кВ, имеющей устройства АВР только на РП, приведено в таблице Г.4.

Таблица Г.4

Глубина провала, %	Доля интервалов, %, при длительности провала, с				Всего провалов, %
	0,2	0,5 - 0,7	1,5 - 3,0	3,0 - 30	
10 - 35	–	–	–	–	–
35 - 99	–	45	20	–	65
100	–	–	–	35	35
Всего провалов, %	–	45	20	35	100

Примечания

1 ЦП оборудованы или не оборудованы групповыми реакторами.

2 ТП не оборудованы устройствами АВР.

3 75% провалов напряжения вызваны повреждениями в электрических сетях 6 - 10 кВ (протяженность сети 1000 км); 25% - повреждениями в электрических сетях напряжением 35 кВ и выше.

4 В среднем каждый потребитель испытывает провалы напряжения 2 раза в год.

Г.6 Соотношение характеристик провалов напряжения для смешанной воздушно-кабельных электрических сетях 6 - 10 кВ, имеющих устройства АВР на всех РП и частично на ТП , приведено в таблице Г.5.

Таблица Г.5

Глубина провала, %	Доля интервалов, %, при длительности провала, с				Всего провалов, %
	0,2	0,5 - 0,7	1,5 - 3,0	3,0 - 30	
10 - 35	–	–	–	–	–
35 - 99	–	4	66	–	70
100	–	–	–	30	30
Всего провалов, %	–	4	66	30	100

Примечания

1 ЦП оборудованы или не оборудованы групповыми реакторами.

2 Общая протяженность электрической сети 32 000 км, в том числе протяженность кабельных линий составляет 6200 км (20%).

3 10% ТП оборудованы устройствами АВР на стороне 6 - 10 кВ, 0,2% ТП оборудованы устройствами АВР на стороне 0,38 кВ.

4 90% от общего количества провалов напряжения вызваны повреждениями в электрических сетях 6 - 10 кВ и 10% - в электрических сетях напряжением 35 кВ и выше (сети питаются от 400 центров питания).

5 В среднем каждый потребитель испытывает провалы напряжения 25 - 30 раз в году.

Г.7 Соотношение характеристик провалов напряжения для различных по структуре электрических сетей приведены в таблице Г.6.

Таблица Г.6

Глубина провала, %	Доля интервалов, %, при длительности провала, с																Всего провалов, %			
	0,2				0,5 - 0,7				1,5 - 3,0				3,0 - 30							
	МКС	ЛКС	ЕКС	МО	МКС	ЛКС	ЕКС	МО	МКС	ЛКС	ЕКС	МО	МКС	ЛКС	ЕКС	МО	МКС	ЛКС	ЕКС	МО
10 -35	-	-	-	-	-	-	-	-	18	14	-	-	-	-	-	-	18	14	-	-
35 -99	38	-	-	-	3	9	45	4	8	39	20	66	-	-	-	-	49	48	65	70
100	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	38	35	30	33	38	35	30
Всего провалов, %	64	-	-	-	-	9	45	4	26	53	20	66	7	38	35	30	100	100	100	100

МКС - Московская кабельная сеть
ЛКС - кабельная сеть Ленэнерго
ЕКС - кабельная сеть Екатеринбурга
МО - воздушно - кабельная сеть Московской области

Г.8 Данные по глубине, длительности и частости появления провалов напряжения, полученные по результатам измерений, проведенных в странах Европейского Союза, приведены в таблицах Г.7 и Г.8.

Частость появления провалов напряжения в этих таблицах указана по отношению к 100 событиям, повлекшим за собой провалы напряжения различной глубины и длительности.

Соотношение характеристик провалов напряжения для кабельных линий приведены в таблице Г.7.

Таблица Г.7

Глубина провала, %	Доля интервалов, %, при длительности провала, с						Всего провалов, %
	0,01 - 0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 3,0	3 - 20	20 - 60	
10 - 30	33,0	20,0	4,0	0,5	0,5	-	58,0
30 - 60	4,0	15,0	2,0	-	-	-	21,0
60 - 95	3,0	9,0	0,5	1,5	-	-	14,0
100	0,5	0,5	1,0	-	-	5,0	7,0
Всего провалов, %	40,5	44,5	7,5	2,0	0,5	5,0	100

Соотношение характеристик провалов напряжения для смешанных воздушно - кабельных линий приведены в таблице Г.8.

Таблица Г.8

Глубина провала, %	Доля интервалов, %, при длительности провала, с						Всего провалов, %
	0,01 - 0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 3,0	3 - 20	20 - 60	
10 - 30	19,0	17,0	4,0	1,0	0,5	-	41,5
30 - 60	8,0	10,0	3,0	0,5	-	-	21,5
60 - 95	1,0	4,0	2,0	0,5	-	-	7,5
100	1,0	4,0	17,0	2,0	1,5	4,0	29,5
Всего провалов, %	29,0	35,0	26,0	4,0	2,0	4,0	100

Приложение Д
(Справочное)

Значения напряжений грозовых и коммутационных импульсов, а также коэффициентов временных перенапряжений в точках общего присоединения

Д.1 Расчетные значения грозовых и коммутационных импульсных напряжений в точках присоединения электрической сети общего назначения (рисунок Д1) приводятся для фазных номинальных напряжений сети и справедливы при условии, что распределительные устройства и линии электропередачи в электрических сетях энергоснабжающей организации и потребителей выполнены в соответствии с Правилами устройства электроустановок.

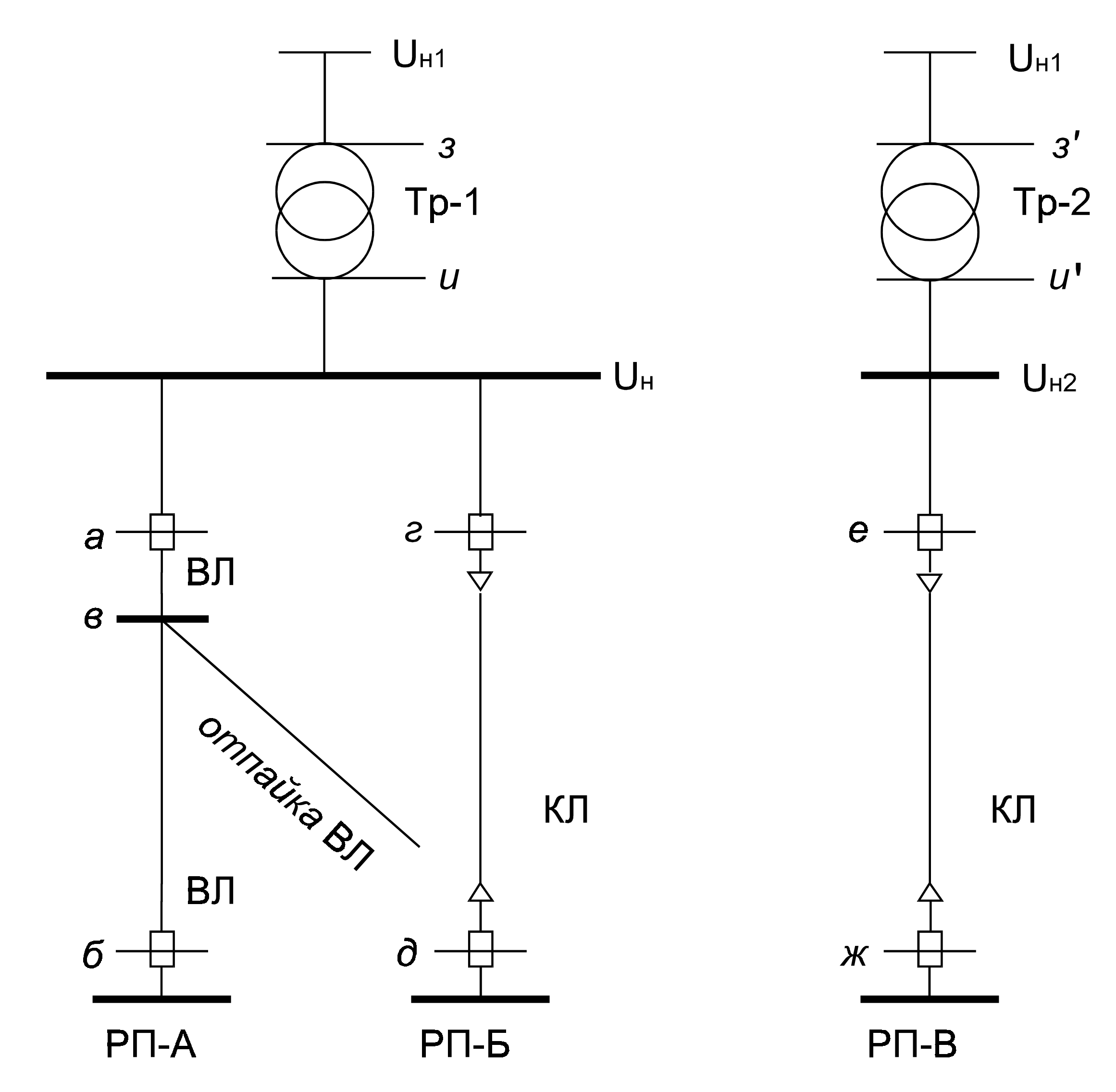


Рисунок Д.1 - Возможные варианты точек присоединения потребителей электрической энергии к электрическим сетям энергоснабжающей организации

Формы грозовых импульсов, характерные для данных точек, указаны на рисунках Д2 - Д4.

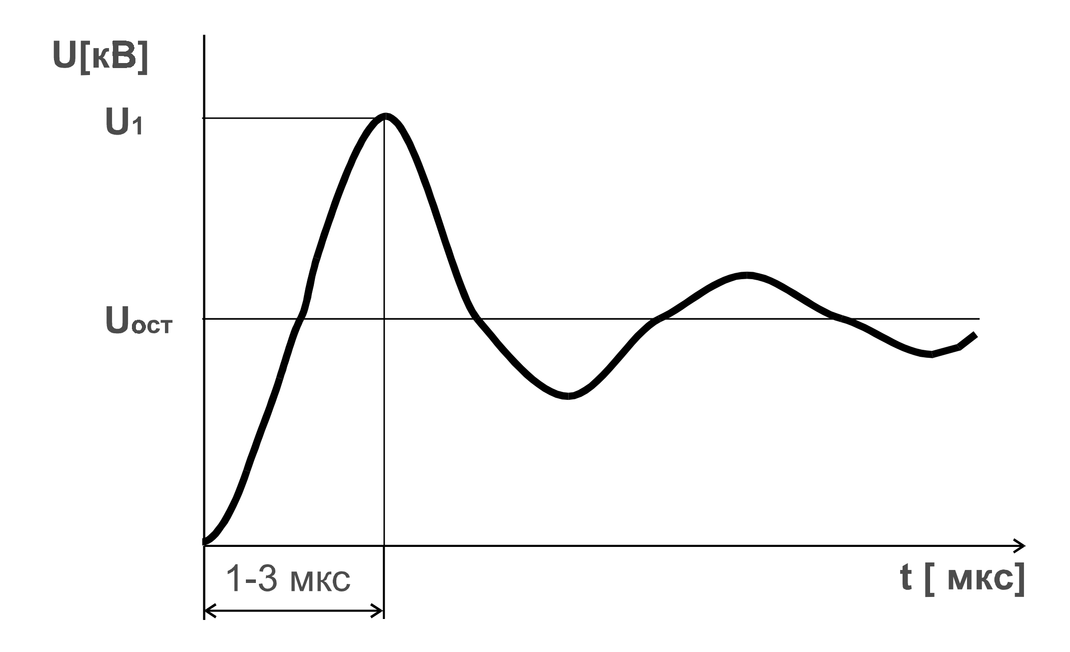


Рисунок Д.2 - Форма грозовых импульсов, характерная для точек присоединения "*а*", "*б*", "*г*", "*д*" на рисунке Д.1.

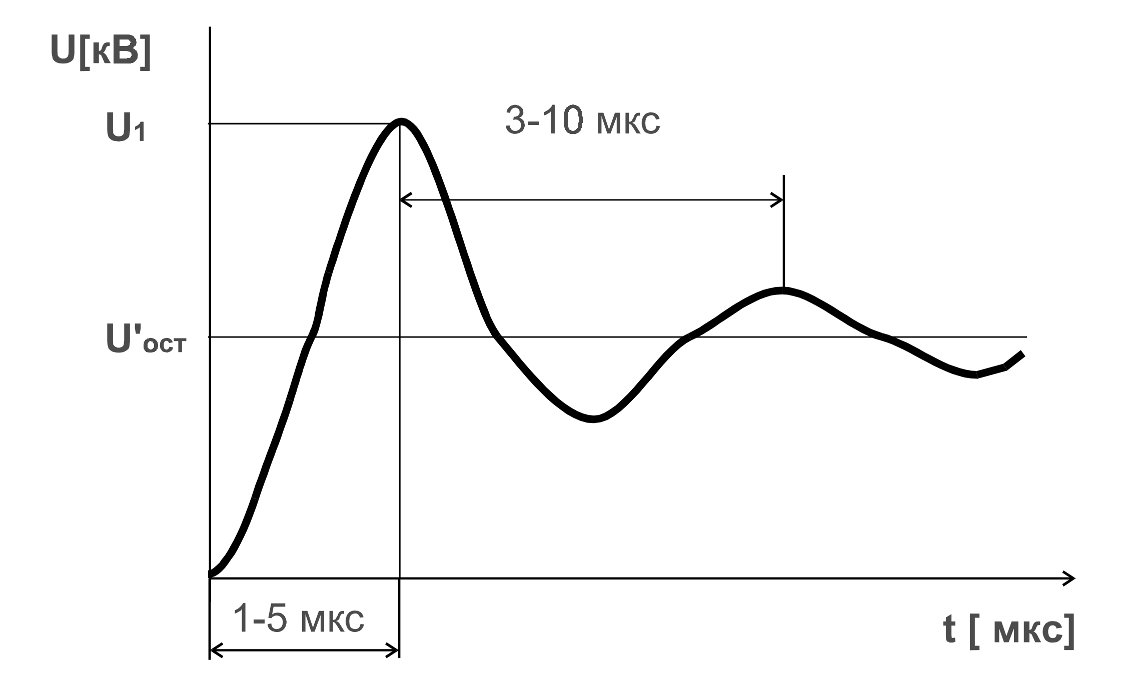


Рисунок Д3 - Форма грозовых импульсов, характерная для точек присоединения, проходящих через выводы силового трансформатора, рассматриваемая обмотка которого имеет связь с ВЛ (точки присоединения "*з*", "*з'* ", "*и*" на рисунке Д.1)

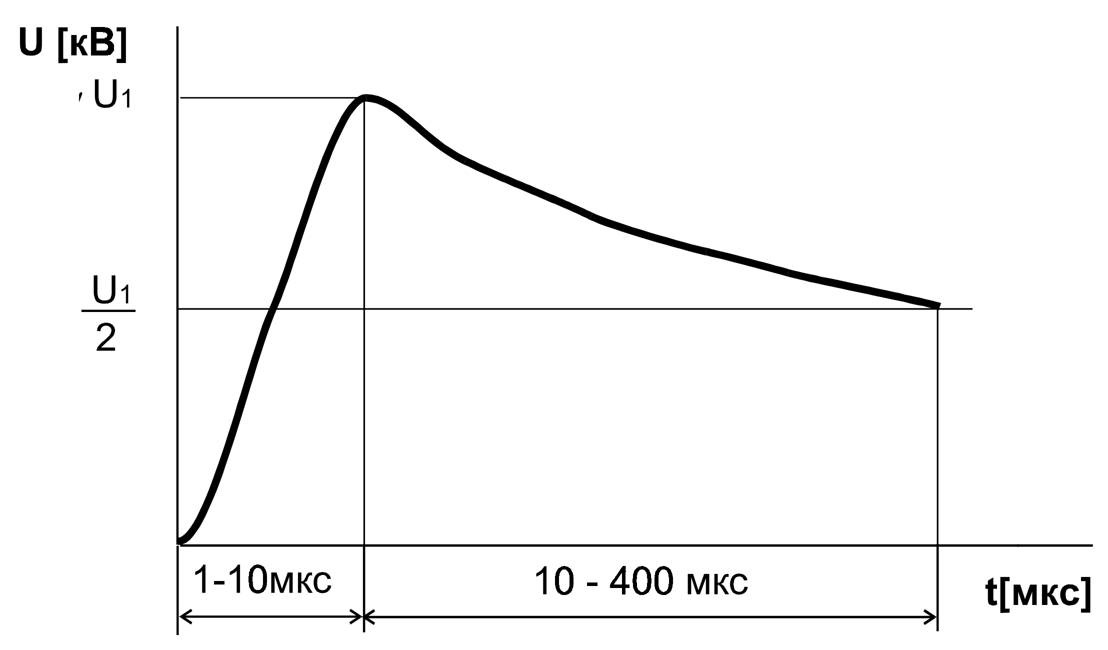


Рисунок Д.4 - Форма грозовых импульсов, характерная для точек присоединения “*в*”, “*е*”, “*ж*” на рисунке Д.1.

Д.2 Значения грозовых импульсных напряжений в точках электрической сети приведены в таблице Д.1

Таблица Д.1

Места расположения точек присоединения	Варианты точек, рисунок Д.1	Грозовые импульсные напряжения при номинальном напряжении сети, кВ								
		0,38	6	10	35	110	220	330	500	750
Воздушная линия (ВЛ)	а, б	*5)	100	125	325	800	1580	1890	2730	3570
	в *1)	–	160/2000	190/2000	575/2000	1200/2000	2400/–	3000/–	3200/–	4800/–
Кабельная линия (КЛ)	г	*5)	100	125	325	800	1580	–	–	–
	е *2)	–	34	48	140	350	660	–	–	–
	д, ж *3)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Силовой трансформатор (ТР)	з, з', и *4)	–	60	80	200	480	750	1050	1550	1950
	и'	–	34	48	140	350	660	–	–	–

Примечания

1 В варианте точек присоединения "в" в числителе указано импульсное напряжение на металлических и железобетонных опорах, в знаменателе - на деревянных опорах.

2 Грозовые импульсные напряжения в точке присоединения "е" соответствуют случаю отсутствия воздушной линии электропередачи на стороне вторичного напряжения $U_{н2}$ трансформатора Тр2 (рисунок Д.1) и значениям напряжений обмоток Тр2 $U_{н1}$, $U_{н2}$, соответствующим двум номинальным напряжениям, расположенным рядом в шкале стандартных напряжений (например 35 и 10 кВ, 110 и 220 кВ и т.д.).

При других сочетаниях номинальных напряжений Тр2 (например, 110 и 10 кВ, 35 и 6 кВ и т.д.) грозовые импульсные напряжения, проходящие через обмотки трансформатора, меньше указанных значений.

3 При наличии на распределительной подстанции типа РП-Б, РП-В (рисунок Д.1) воздушных линий электропередачи значения грозовых импульсных напряжений в точках присоединения "д" и "ж" такое же, как в варианте точек присоединения "г" и "б". При отсутствии на распределительной подстанции типа РП-Б, РП-В воздушных линий электропередачи грозовые импульсные напряжения в точках присоединения "д" и "ж" определяются значениями импульсных напряжений в начале кабельной линии (точки "г" и "е"), уменьшенными в соответствии с данными по затуханию грозовых импульсов в кабельных линиях в зависимости от длины линии.

4 Указанные в данной строке значения импульсных напряжений справедливы при условии расположения точек присоединения "з", "з' ", "и" на вводах силового трансформатора и наличии связи рассматриваемой обмотки с воздушной линией. При отсутствии связи (точка "и' " на рисунке Д.1) импульсные напряжения соответствуют точке присоединения "е".

5 Значения грозовых импульсных напряжений с вероятностью 90% не превышают 10 кВ - в воздушной сети напряжением 0,38 кВ и 6 кВ - во внутренней проводке зданий и сооружений.

Д.3 Значения коммутационных импульсных напряжений при их длительности на уровне 0,5 амплитуды импульса, равной 1000 - 5000 мкс. приведены в таблице Д.2

Таблица Д.2

Номинальное напряжение сети, кВ	0,38	3	6	10	20	35	110	220
Коммутационное импульсное напряжение, кВ	4,5	15,5	27	43	85,5	148	363	705

Д.4 Вероятность превышения указанных в таблице Д.2 значений коммутационнных импульсных напряжений составляет не более 5 %, а значений грозовых импульсных напряжений (таблица Д.1) - не более 10 % для воздушных линиях с металлическими и железобетонными опорами и 20 % - для воздушных линий с деревянными опорами.

Значения грозовых импульсных напряжений в электрической сети потребителя могут превышать указанные в таблице Д.1 значения за счет грозовых поражений в самой сети потребителя, за счет отражений и преломлений грозовых импульсов в сети потребителя и частично - за счет разброса параметров грозовых импульсов.

Д.5 Значения коэффициента временного перенапряжения в точках присоединения электрической сети общего назначения в зависимости от длительности временных перенапряжений не превышают значений, указанных в таблице Д.3.

Таблица Д.3

Длительность временного перенапряжения, $\Delta t_{пер\ U}$, с	до 1	до 20	до 60
Коэффициент временного перенапряжения, $K_{пер\ U}$, о.е.	1,47	1,31	1,15

В среднем за год в точке присоединения возможны около 30 временных перенапряжений.

Приложение Е
(Обязательное)

Контроль качества электрической энергии и основные требования к цифровым средствам измерений

Е.1 Контроль за соблюдением энергоснабжающими организациями и потребителями электрической энергии требований стандарта осуществляют органы надзора и аккредитованные в установленном порядке испытательные лаборатории по качеству электрической энергии.

Е.2 Контроль качества электрической энергии в точках присоединения потребителей электрической энергии к системам электроснабжения общего назначения проводят энергоснабжающие организации. Указанные организации выбирают точки контроля в соответствии с нормативными документами, утвержденными в установленном порядке, и устанавливают периодичность контроля в соответствии с пунктом Е.3.

Е.3 Периодичность измерений показателей КЭ устанавливают :

для установившегося отклонения напряжения - не реже 2-х раз в год в зависимости от сезонного изменения нагрузок в распределительной сети центра питания, а при наличие автоматического встречного регулирования напряжения в центре питания - не реже одного раза в год. При незначительном изменении суммарной нагрузки центра питания и неизменности схемы сети и параметров ее элементов допускается увеличивать интервал между контрольными измерениями для установившегося отклонения напряжения;

для остальных показателей - не реже 1-го раза в 2 года при неизменности схемы сети и ее элементов и незначительном изменении нагрузки потребителя, ухудшающего качество электроэнергии.

Е.4 Конкретные сроки проведения периодического контроля качества электроэнергии в точках присоединения потребителей к системе электроснабжения общего назначения устанавливаются электроснабжающей организацией в эксплуатационных режимах, соответствующих нормальным, или длительным ремонтным схемам сетей общего назначения.

Е.5 Потребители, ухудшающие качество электрической энергии, должны проводить контроль в точках подведомственных сетей, ближайших к точкам общего присоединения указанных сетей к электрической сети общего назначения, а также на выводах приемников электрической энергии, являющихся источниками кондуктивных электромагнитных помех.

Контроль качества электрической энергии, отпускаемый тяговыми подстанциями переменного тока в электрические сети напряжением 6-35 кВ, следует проводить:

- для электрических сетей 6-35 кВ, находящихся в ведении энергосистем - в точках присоединения этих сетей к тяговым подстанциям;

- для электрических сетей 6-35 кВ, не находящихся в ведении энергосистем, - в точках, выбранных по согласованию между тяговыми подстанциями и потребителями электрической энергии, а для вновь строящихся и реконструируемых (с заменой трансформаторов) тяговых подстанций - в точках присоединения потребителей электрической энергии к этим сетям.

Е.6 При измерении показателей КЭ с помощью цифровых средств измерений, реализующих алгоритм быстрого преобразования Фурье, в качестве i-го наблюдения исследуемой величины (Б.1.1, Б.3.1.1, Б.3.3.1, Б.4.1.1, Б.4.3.1, Б.5.1) допускается рассматривать значение этой величины, полученное на выборке напряжения с шириной окна в соответствии с требованиями, указанными в таблице Е1.

Таблица Е.1

Характер изменения напряжения	Рекомендуемая ширина окна выборки, T_W , с	Дополнительные требования
Установившийся	0,1 - 0,5	Допускаются пробелы между окнами
Быстроизменяющийся, колеблющийся	0,32 - при прямоугольном окне 0,4 - 0,5 при окне Хеннинга	Не допускается пробелов между окнами Должно обеспечиваться перекрытие смежных окон на 50%
Переходный	0,08 - 0,16 при прямоугольном окне	Не допускается пробелов между окнами

Примечание - Общее время i-го наблюдения для определения усредняемого за 3 с значения показателя КЭ должно быть не более 10 с, если допустимы пробелы между окнами выборки. При этом окна выборок должны быть равномерно распределены на интервале общего времени i-го наблюдения и суммарная ширина окон должна быть равна 3 с.

Е.7 До оснащения электрических сетей средствами измерений, соответствующих требованиям, установленным в разделе 8 стандарта и в Е.6 настоящего приложения, допускается использовать средства измерений, аттестованные в установленном порядке и обеспечивающие совместно с трансформаторами и делителями напряжений, входящими в состав электрических сетей, погрешность измерений КЭ, удовлетворяющую требованиям, установленным в 7.2.

Содержание

УДК **Е02**

Ключевые слова: показатели качества электрической энергии, системы электроснабжения общего назначения, электромагнитная совместимость технических средств, нормы качества электрической энергии

_

РАЗРАБОТЧИКИ:

Р.Р.Мамошин, д-р техн. наук,В.Н.Никифорова, канд.техн.наук (руководители разработки);
С.Б.Белло; В.С.Штиллерман; В.С.Кармашев; Н.В.Твердов;
Ю.С.Железко, канд.техн.наук;
И.И.Карташев, канд.техн.наук; Я.Ю.Солодухо, д-р техн. наук;
М.В.Соколов, Л.А.Бибер, канд.техн.наук, П.К.Макарычев,
Г.А.Минин, канд.техн.наук, К.В.Хоециан, канд.техн.наук,
В.С.Рашкес, канд.техн.наук,
В.Ю.Кончаловский, канд.техн.наук.